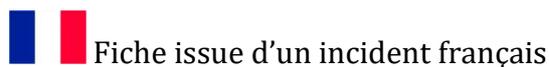


Récupération et caractérisation de roches radioactives



Circonstances

Un service d'incendie et de secours (SDIS), n'ayant pas de PCR désignée, a récupéré au fil des années des pierres radioactives chez des particuliers. Ces pierres sont utilisées depuis de nombreuses années pour la formation de l'équipe spécialisée en risque radiologique. Des dosimètres passifs et opérationnels sont portés lors de ces formations pour que la mise en situation soit la plus réaliste possible. Elles permettent de faire fonctionner les appareils et de réaliser des mises en situation afin de se préparer à d'éventuelles situations d'urgence radiologique. Lors d'une séance du CSE la question de l'exposition des personnels et de l'organisation de la radioprotection est abordée.

Il est constaté que les pierres sont détenues sans autorisation de l'ASN et que les contrôles réglementaires liés à la détention de sources radioactives ne sont pas réalisés. Afin de régulariser la situation, l'ASN confirme que si le SDIS souhaite continuer à les utiliser il est obligatoire de déposer une demande d'autorisation et de réaliser une caractérisation de chaque pierre afin d'en estimer leur activité.

Ne disposant pas des ressources nécessaires à la caractérisation, la collaboration d'un SDIS proche est sollicitée afin de procéder à la caractérisation des cinq pierres radioactives.

Les pierres sont stockées dans une ancienne boîte à biscuit métallique avec un trèfle radioactif collé dessus. En premier lieu des mesures de débit d'équivalent de dose sont réalisées sur toutes les faces de la boîte. Les mesures sont significatives, puisqu'un débit d'équivalent de dose de 347 $\mu\text{Sv/h}$ au contact est mesuré. De même, après réalisation de frottis secs sur l'ensemble des faces, il est découvert que ces dernières sont contaminées par des radioéléments émetteurs alpha. Les mesures des frottis sont réalisées à l'aide d'un ictomètre équipé d'une sonde Alpha avec un temps de comptage d'1 minute. L'ensemble des mesures de DeD est présenté dans les tableaux ci-dessous :

	DeD contact dessus	DeD contact côté	DeD 50 cm côté boîte	DeD 50 cm dessus boîte	DeD 100 cm côté boîte	DeD 100 cm dessus boîte
Radiamètre 1 avec sonde bas débit	210 $\mu\text{Sv/h}$	40 $\mu\text{Sv/h}$	2,3 $\mu\text{Sv/h}$	3,5 $\mu\text{Sv/h}$	630 nSv/h	1,2 $\mu\text{Sv/h}$
Radiamètre 2 avec filtre H*10	347 $\mu\text{Sv/h}$	100 $\mu\text{Sv/h}$	3,8 $\mu\text{Sv/h}$	5,9 $\mu\text{Sv/h}$	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	2 $\mu\text{Sv/h}$
Radiamètre 2 sans filtre H'0.07 (bêta faible énergie)	540 $\mu\text{Sv/h}$	180 $\mu\text{Sv/h}$	5,3 $\mu\text{Sv/h}$	10,2 $\mu\text{Sv/h}$	1,6 $\mu\text{Sv/h}$	2,7 $\mu\text{Sv/h}$

Tableau 1. Mesures de DeD réalisées sur la boîte de stockage



Figure 1. Boîte de stockage des pierres



Figure 2. Pierres radioactives



Figure 3. Points de mesure sur la boîte de stockage

Les résultats de mesure des frottis sur les faces extérieures et intérieures de la boîte sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Faces extérieures	A	B	C	D	E dessus	F dessous
Mesures C/S	0,07 c/s	0,03 c/s	0,13 c/s	0,1 c/s	0,17 c/s	0,13 c/s

Tableau 2. Mesures des frottis réalisées sur les faces extérieures

Faces intérieures	Couvercle	Poussières	Intérieur boîte
Mesures c/s	0,82 c/s	60,7 c/s	9,5 c/s
Mesures DeD		530 nSv/h (sonde bas débit)	

Tableau 3. Mesures des frottis réalisées sur les faces intérieures

L'intérieur de la boîte présente également de nombreuses poussières radioactives, qui sont fixées sur du scotch type Tarlatane.

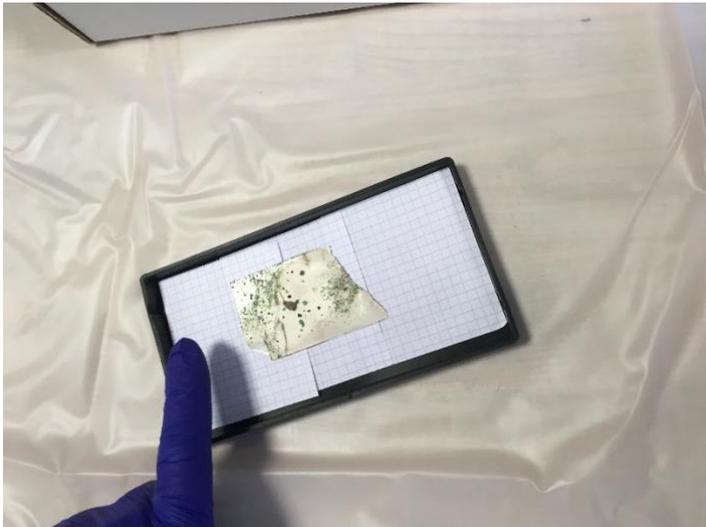


Figure 4. Poussières radioactives fixées sur la Tarlatane

Une caractérisation de chaque pierre est ensuite réalisée, les résultats de mesures en rouge dans les tableaux sont les mesures significatives.

Grosse pierre de Tobernite contenue dans une boîte rouge :



Figure 5. Grosse pierre de Tobernite

	Toutes faces extérieures	Intérieur couvercle	Pierre
Mesure c/s	0,88 c/s	1,13 c/s	0,7 c/s

Tableau 4. Mesures des frottis de la grosse pierre de Tobernite

	DeD contact dessus	DeD 50 cm dessus boîte	DeD 100 cm dessus boîte
Radiamètre 1 + sonde bas débit	226 $\mu\text{Sv/h}$	3,40 $\mu\text{Sv/h}$	1 $\mu\text{Sv/h}$

Tableau 5. Mesures de DeD de la grosse pierre de Tobernite

Activité estimée avec code de calcul à partir du DeD à 50 cm : $2,07 \cdot 10^7$ Bq

Caractéristiques physiques de l'échantillon :

- Poids boîte carton : 211 g
- Poids pierre : 968 g
- Dimensions pierre : 14 x 13 x 5 cm
- Dimensions boîte : 6 x 17 x 17 cm

Conclusions : échantillon de pierre très friable, avec présence de poussières radioactives dans la boîte en carton et sur la pierre. **Échantillon contaminant au toucher.** Radionucléides identifiés : U-238 et filiation jusqu'au Ra-226 (principal radionucléide présent). Pas de traces significatives de Po-210, Bi-210, Pb-210 à l'analyse des spectres.

Pierre de Chalcopite dans résine :



Figure 6. Pierre de Chalcopite

Résultats des frottis sur la résine :

- **Frottis sec alpha toutes les faces = 0,42 c/s (dépassement de deux fois le bruit de fond de la sonde Alpha)**
- Frottis sec alpha après 1^{er} nettoyage alcool = 0,1 c/s
- Frottis sec alpha après 2^{ème} nettoyage alcool et acétone = 0,02 c/s
- Frottis humide alcoolique avec sonde X = 30 c/s (ne dépasse pas deux fois le bruit de fond de la sonde X)

	DeD contact dessus	DeD 50 cm dessus boîte	DeD 100 cm dessus boîte
Radiamètre 1 + sonde bas débit	9,9 $\mu\text{Sv/h}$	350 nSv/h	250 nSv/h
Radiamètre 2 avec filtre H*10	15 $\mu\text{Sv/h}$	0,4 $\mu\text{Sv/h}$	0,3 $\mu\text{Sv/h}$
Radiamètre 2 sans filtre H'0.07 (bêta faible énergie)	46 $\mu\text{Sv/h}$	0,5 $\mu\text{Sv/h}$	0,4 $\mu\text{Sv/h}$

Tableau 6. Mesures de DeD de la pierre de Chalcolite

Activité estimée avec code de calcul à partir du DeD à 50 cm : $4,24 \cdot 10^5$ Bq

Conclusions : résine non contaminée après deux nettoyages à l'alcool et l'acétone. Par contre, l'activité de l'échantillon estimée avec le code de calcul montre une **activité deux fois supérieure au seuil d'exemption**. Radionucléides identifiés : U-238 et filiation jusqu'au Ra-226 (principal radionucléide présent). Pas de traces significatives de Po-210, Bi-210, Pb-210 à l'analyse des spectres.

Caractéristiques de l'échantillon :

- Poids : 160 g
- Dimensions résine : 8,5 x 5 x 2,5 cm
- Dimensions de la pierre : 6 x 2 x 3 cm

Pierre Pechblende noire :



Figure 7. Pierre de Pechblende noire

Résultats des frottis sur la pierre :

- **Frottis sec alpha = 0,63 c/s**

	DeD contact dessus	DeD 50 cm dessus	DeD 100 cm dessus
Radiamètre 1 + sonde bas débit	150 $\mu\text{Sv/h}$	870 nSv/h	415 nSv/h
Radiamètre 2 avec filtre H*10	390 $\mu\text{Sv/h}$	1,7 $\mu\text{Sv/h}$	863 nSv/h

Radiamètre 2 sans filtre H'0.07 (bêta faible énergie)	1,6 mSv/h	4,5 µSv/h	1,9 µSv/h
--	------------------	-----------	-----------

Tableau 7. Mesures de DeD de la pierre de Pechblende noire

Caractéristiques de l'échantillon :

- Poids : 225 g
- Dimensions : 7 x 4 x 2,5 cm

Conclusions : échantillon de pierre contaminé à l'extérieur, avec un **débit d'équivalent de dose très conséquent au contact de l'ordre du millisievert** (rayonnement Gamma plus Bêta). **Risque de contamination au toucher**. Radionucléides identifiés : U-238 et filiation jusqu'au Ra-226 (principal radionucléide présent). Pas de traces significatives de Po-210, Bi-210, Pb-210 à l'analyse des spectres.

Activité estimée avec code de calcul à partir du DeD à 50 cm : $5,53 \cdot 10^6$ Bq

Pierre Autunite :



Figure 8. Pierre d'Autunite

Résultats des frottis sur la pierre :

- **Frottis sec alpha = 0,73 c/s**

	DeD contact dessus	DeD 50 cm dessus	DeD 100 cm dessus
Radiamètre 1 + sonde bas débit	3,2 µSv/h	250 nSv/h	260 nSv/h
Radiamètre 2 avec filtre H*10	15 µSv/h	0,5 µSv/h	0,3 µSv/h
Radiamètre 2 sans filtre H'0.07 (bêta faible énergie)	115 µSv/h	0,9 µSv/h	0,5 µSv/h

Tableau 8. Mesures de DeD de la pierre d'Autunite

Caractéristiques de l'échantillon :

- Poids : 25 g
- Dimensions : 2,5 x 2,5 x 2,5 cm

Conclusions : échantillon de pierre contaminé à l'extérieur, avec **un débit d'équivalent de dose conséquent au contact** (rayonnement Gamma plus Bêta). **Risque de contamination au toucher**. Radionucléides identifiés : U-238 et filiation jusqu'au Ra-226 (principal radionucléide présent). Pas de traces significatives de Po-210, Bi-210, Pb-210 à l'analyse des spectres.

Activité estimée avec code de calcul à partir du DeD à 50 cm : $1,62 \cdot 10^6$ Bq

Petite pierre de Tobernite dans boite plastique :


Figure 9. Petite pierre de Tobernite

Résultats des frottis sur la boite en plastique (boite non ouverte) :

- **Frottis sec alpha = 0,43 c/s**

	DeD contact dessus	DeD 50 cm dessus	DeD 100 cm dessus
Radiamètre 1 + sonde bas débit	320 nSv/h	220 nSv/h	261 nSv/h
Radiamètre 2 avec filtre H*10	0,4 µSv/h	0,3 µSv/h	0,2 µSv/h
Radiamètre 2 sans filtre H'0.07 (bêta faible énergie)	7,5 µSv/h	0,4 µSv/h	0,253 µSv/h

Tableau 9. Mesures de DeD de la petite pierre de Tobernite

Caractéristiques de l'échantillon :

- Poids : 55 g
- Dimensions : 8 x 5,5 x 2,5 cm

Conclusions : échantillon de pierre contaminé à l'extérieur, avec un débit d'équivalent de dose significatif au contact (rayonnement Gamma plus Bêta). **Risque de contamination au toucher.** Radionucléides identifiés : U-238 et filiation jusqu'au Ra-226 (principal radionucléide présent). Pas de traces significatives de Po-210, Bi-210, Pb-210 à l'analyse des spectres.).

Activité estimée avec code de calcul à partir du DeD à 50 cm : $1,63.10^6$ Bq

Synthèse des mesures et analyses

La Radium 226 est défini comme radionucléide de « référence » pour la détermination des seuils d'exemption. En effet, il est le principal radionucléide identifié dans les analyses des spectres gamma. Pour chaque pierre le seuil d'exemption est dépassé :

	Chalcolite	Torbernite grosse pierre	Torbernite petite pierre	Autunite	Pechblende
Seuil d'exemption réglementaire du Ra226	$1,1.10^4$ Bq				
Activité estimée	$4,24.10^5$ Bq	$2,07.10^7$ Bq	$1,63.10^6$ Bq	$1,62.10^6$ Bq	$5,53.10^6$ Bq

Tableau 10. Comparaison des activités avec les seuils d'exemption

L'ensemble des déchets contaminés (gants, frottis, vinyle), des pierres et de la boîte sont conditionnés sous double enveloppe avec contrôle par frottis de la non contamination extérieure.



Figure 10. Emballage des déchets contaminés

Caractéristiques des déchets :

- 2 sacs de 1kg Dimensions : 40 x 30 x 10 cm
- 1 boîte métal 400 g Dimensions : 21,5 x 25 x 9,5 cm
- DeD au contact avec sonde bas débit : 250 nSv/h
- Pas de contamination à l'extérieur des sacs de conditionnement

Le risque de contamination aux particules alpha étant fortement présent un contrôle de tous les lieux d'entreposage a été réalisé. Il n'y a pas de trace de contamination.

Localisation		Comptage radiamètre (µSv/h)	Contaminamètre surfacique (c/s)
Salle de réunion, lieu de tous les comptages – Bruit de fond		1,2	0,05
Bureau 1	Étagère de stockage des sources	0,7	0,02
	Fauteuil	0,9	0
	Claviers (Téléphone + ordinateur)	0,7	0,03
	Poignée porte	0,8	0
Bureau 2	Étagère de stockage des sources	0,2	0,02
	Fauteuil 1	0,4	0,03
	Claviers 1 (Téléphone + ordinateur)	0,5	0
	Poignée porte 1	0,7	0,08
	Fauteuil 2	0,3	0,02
	Claviers 2 (Téléphone + ordinateur)	0,4	0,03
	2 ^{nde} vérification clavier ordinateur	0,6	0,02
Bureau 3	Étagère de stockage des sources	0,6	0,07
	Fauteuil	1,3	0,13
	Claviers (Téléphone + ordinateur)	0,9	0,18
	Poignée porte	1	0,1
	Étagère sous le stockage des sources	0,7	0,08
Mezzanine remise formation	Étagère à droite	1	0,05
	Étagère du fond	0,9	0,08

Tableau 11. Résultats des mesures dans les lieux d'entreposage

Actions prises suite à l'incident

Les activités estimées des pierres dépassant le seuil d'exemption, le SDIS a décidé de ne pas demander d'autorisation de détention et d'utilisation à l'ASN et de demander l'enlèvement des pierres par l'Andra.

Après contact avec l'Andra l'enlèvement sera réalisé sous plusieurs mois. Un local d'entreposage en attente de l'enlèvement est identifié, avec un accès limité.

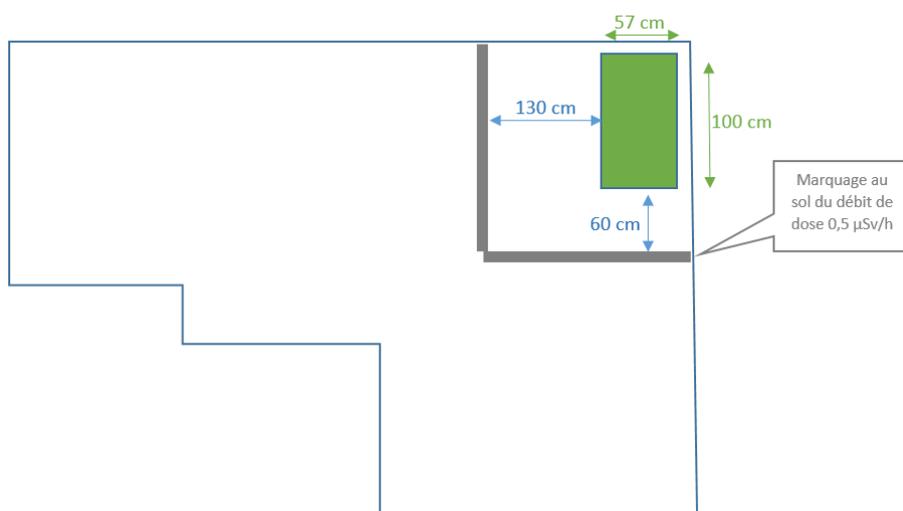


Figure 11. Schéma du local d'entreposage des pierres

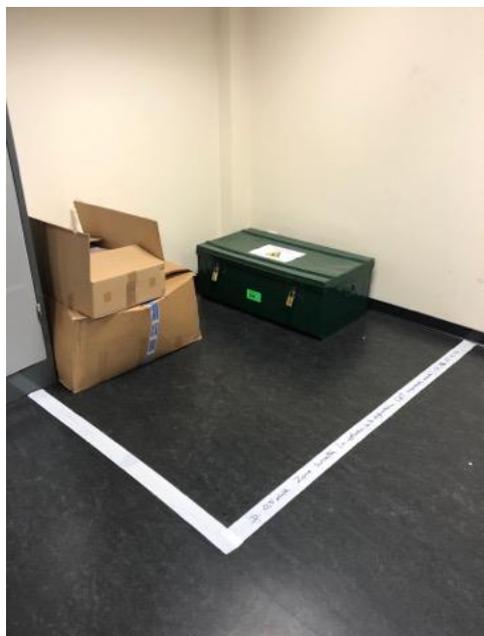


Figure 12. Photo de la zone d'entreposage des pierres

Les déchets et les pierres sont stockées dans une cantine métallique fermée à clé et un balisage est matérialisé au sol correspondant à un DeD de 0,5 µSv/h. Cette valeur est une déclinaison de la valeur de 80 µSv par mois indiquée dans la réglementation comme la limite de la zone d'exposition public.

La détention de sources sans autorisation et la présence de contamination sur toutes les pierres et la boîte de stockage, ont donné lieu à la déclaration d'un événement significatif de radioprotection auprès de l'ASN.

Les pierres ont été reprises par l'Andra un an environ après l'évènement.

Conséquences radiologiques estimées par les acteurs

Pas de contamination détectée ni pour les personnels ni de la zone de travail.

Pas de dose mesurée par les dosimètres opérationnels et à lecture différée (poitrine + bague).

Il est impossible d'estimer s'il y a eu une contamination interne ou externe des personnes ayant manipulées les pierres au fil des années. Mais il est fort probable qu'il y ait eu des cas de contamination externe ou interne en alpha. En effet, au vu des mesures réalisées sur les pierres, il semble que le risque de contamination alpha a été largement sous-estimé lors de leur manipulation.

Leçons à tirer de l'incident

1. Les SDIS ne doivent pas récupérer des sources radioactives, même pour des exercices. La détention doit être effectuée dans le cadre fixé par l'ASN.
2. Les débits d'équivalent de doses peuvent être conséquents au contact de pierres naturellement radioactives.
3. Ce type de pierres, bien que jolies, n'est pas à manipuler à main nue du fait du risque important de contamination.
4. Des actions de sensibilisation/formation sur l'utilisation de sources radioactives même naturelles doivent être menées dans les SDIS.
5. En cas de manipulation de sources, même naturelles, le port de dosimètres est obligatoire
6. En cas de stockage de sources, même naturelles, utiliser les étiquetages adaptés et conformes.
7. En cas de transport de sources même naturelles, utiliser les colis et étiquetages adaptés.