

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

Contrôles radiologiques sur des eaux et sédiments dans l'environnement de l'ancien site d'extraction d'uranium Orano de l'Écarpière

Rédaction : Julien SYREN, ingénieur géologue, chargé d'études au laboratoire CRIIRAD

Relecture : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, directeur du laboratoire CRIIRAD

Contact : julien.syren@criirad.org



CONTEXTE

La CRIIRAD a participé en octobre 2022 aux travaux du Collectif Mines d'Uranium (CMU) dont la réunion annuelle se tenait dans le secteur de l'Écarpière (limite Loire-Atlantique/Maine-et-Loire).

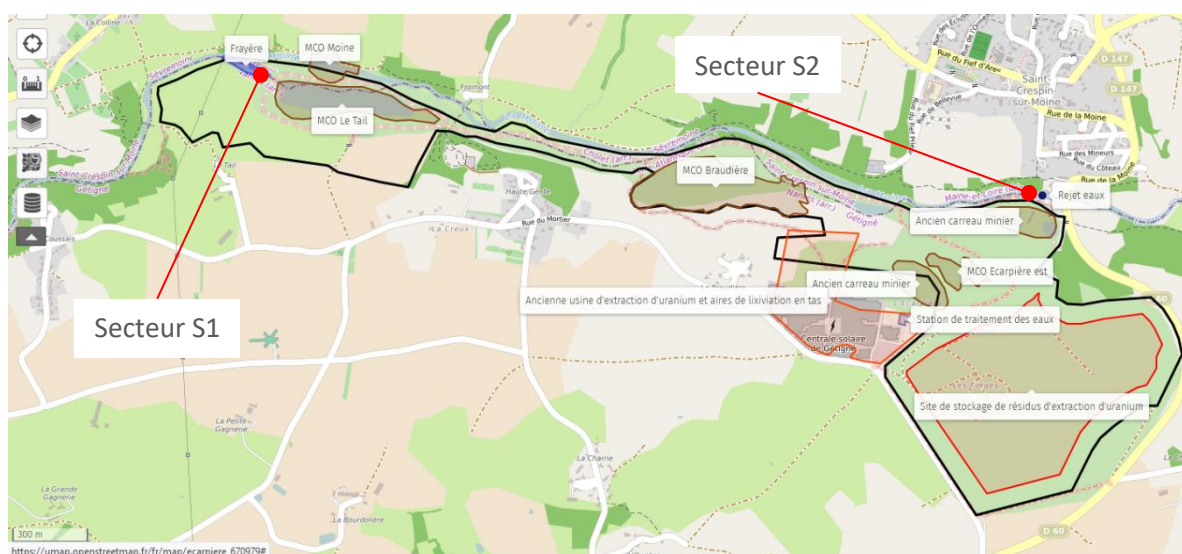
À cette occasion, deux membres du laboratoire de la CRIIRAD, Marion JEAMBRUN, responsable du service préparation et analyses, et Julien SYREN, chargé d'études, ont effectué des mesures radiométriques et des prélèvements d'échantillons dans l'environnement de l'ancien site d'extraction d'uranium ORANO de l'Écarpière.

Ces échantillons ont été analysés sur les fonds propres de l'association CRIIRAD.

La présente note rend compte des résultats de ces analyses.

EMPLACEMENT DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT

Les secteurs dans lesquels les échantillons ont été prélevés sont les mêmes que ceux choisis lors d'une précédente campagne¹ réalisée en 2015 par le laboratoire de la CRIIRAD pour le compte de l'association « Moine et Sèvre pour l'Avenir ».



Site de l'Écarpière

¹ Rapport CRIIRAD N°15-49 (septembre 2015) <https://www.criirad.org/wp-content/uploads/2017/08/rapport-criirad-15-49ecarpiere.pdf>

Secteur S1 : frayère

Le secteur **S1** correspond à une zone humide (**frayère**) située en **contrebas** de l'ancienne mine à ciel ouvert (MCO) du **Tail** (désormais recouverte par un étang), en rive gauche de la Moine.

Cette zone reçoit des eaux de ruissellement provenant de l'ancien site minier. Ces eaux ne subissent aucun traitement avant de s'écouler dans la frayère.



Mesures radiométriques dans la partie amont de la frayère ©CRIIRAD 2022

Les eaux et sédiments superficiels ont été prélevés à l'extrémité est de la frayère, dans une zone humide végétalisée de plusieurs dizaines de mètres carrés présentant un flux de rayonnement gamma au contact relativement homogène, de l'ordre de 1 000 chocs par seconde (c/s) et atteignant ponctuellement 1 500 c/s (mesures effectuées au moyen d'un scintillomètre DG5), alors que le bruit de fond est inférieur à 200 c/s.



Sédiments prélevés dans la frayère © CRIIRAD 2022

Secteur S2 : aval rejet Gaudu

Le secteur **S2** correspond à la rive gauche de la **Moine**, au niveau du **rejet des eaux après traitement** dans la station ORANO actuellement en fonctionnement, en aval du pont de Gaudu.



Points de prélèvement du secteur S2 ©CRIIRAD 2022

L'échantillon d'eau a été prélevé à la sortie du tuyau d'écoulement.

Les sédiments ont été prélevés au niveau de la berge rive gauche, à quelques mètres en aval du point de rejet. Il s'agit bien de sédiments, et non de terre de berge. Ces sédiments se situent sous eau, sous un horizon constitué de racines et de terre de berge.



Sédiments prélevés en aval du pont de Gaudu © CRIIRAD 2022

Le point de prélèvement des sédiments a été choisi après un rapide balayage radiamétrique de la berge sur une centaine de mètres en aval du rejet, au moyen d'un scintillomètre DG5. Dans ce secteur, le bruit de fond de la berge est de l'ordre de 200 c/s au contact. Au pied de deux arbres situés à quelques mètres en aval du point de rejet, les flux de rayonnement gamma sont plus élevés (autour de 1 000 c/s au contact au pied du premier arbre, et 700 c/s au pied du second). Le prélèvement a été effectué au pied du premier arbre.

RÉSULTATS

1/ EAUX

Les eaux ont fait l'objet d'un dosage d'uranium et d'une détermination du rapport isotopique U235/U238 par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS)².

Les teneurs en uranium sont de **166 µg/l** dans la frayère et **11,2 µg/l** dans le rejet après traitement.

Ces valeurs mettent en évidence un impact radiologique du site. En effet, d'après le bilan environnemental des sites miniers uranifères du Maine-et-Loire publié par AREVA en juin 2012, la teneur en uranium 238 soluble dans la rivière la Moine en amont du site de l'Écarpière et en aval du site de la Baconnière (point de prélèvement SERP A) est inférieure à 4 µg/l (moyenne 2006-2010).

La contamination en uranium est nettement plus élevée dans la frayère qu'au point de rejet. Le même constat avait été effectué sur les prélèvements réalisés par la CRIIRAD en 2015 (**319 µg/l** dans les eaux de la frayère et **28,4 µg/l** au rejet après traitement). Comme l'indiquait déjà la CRIIRAD dans la note 15-49³, « l'une des « sources » qui alimente cette frayère est directement en contrebas de l'ancienne mine d'uranium du Tail désormais en eau ».

Dans une présentation intitulée « Informations suite note CRIIRAD N°15-49 – 13 octobre 2017 », utilisée par AREVA lors de la Commission de Suivi de Site (CSS) d'octobre 2017, l'exploitant indique :

« - Contamination des eaux de la frayère du Tail : résultats CRIIRAD et AREVA du même ordre de grandeur bien que > pour AREVA

[...]

- Marquage de l'eau de l'émergence en Ra et U / Absence de marquage des eaux de la frayère et de la Moine ».

S'agissant des eaux de la frayère, il n'est pas certain que les prélèvements du suivi environnemental AREVA/ORANO et ceux de la CRIIRAD aient été réalisés au même endroit.

AREVA mentionne un marquage « de l'eau de l'émergence », et une absence de marquage des « eaux de la frayère et de la Moine ».

Les prélèvements d'eau du laboratoire de la CRIIRAD n'ont pas été effectués directement au point d'émergence de l'eau en contrebas de l'ancienne mine, mais dans la frayère proprement dite (dans un secteur semi-végétalisé de plusieurs dizaines de mètres carrés se trouvant dans la partie amont de la frayère).

Les prélèvements effectués par le laboratoire de la CRIIRAD en 2015 et 2022 montrent donc bel et bien une contamination de l'eau de la frayère.

Il faut souligner en effet que les concentrations en uranium mesurées dans la frayère, sont nettement supérieures à la norme de qualité environnementale provisoire de **0,3 µg/l** en complément du fond géochimique. Cette norme, issue des travaux de l'INERIS, n'est pour le moment fixée que par une circulaire⁴ de 2007 du ministère de l'écologie qui n'a pas de valeur contraignante.

Rappelons que l'uranium a une double toxicité : chimique (c'est un métal lourd) et radiologique (son isotope 238 se désintègre en donnant naissance à 13 descendants radioactifs dont certains sont très radiotoxiques par ingestion).

² Analyses sous-traitées au Laboratoire Départemental d'Analyses de la Drôme.

³ Rapport consultable en ligne : <https://www.criirad.org/wp-content/uploads/2017/08/rapport-criirad-15-49ecarpriere.pdf>.

⁴ Circulaire consultable sur le bulletin officiel du Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables : <https://vu.fr/INcV>.

C'est pourquoi se pose la question de l'impact de cette contamination en uranium sur la faune et la flore aquatique, contamination d'autant plus choquante pour la frayère qui est, comme son nom l'indique, un lieu fondamental pour le biotope local.

Rappelons par ailleurs que d'autres substances radioactives sont nécessairement présentes dans ces eaux, ainsi que des polluants chimiques non radioactifs (par exemple des sulfates et de l'aluminium, cf. rapport CRIIRAD de 2015).

2/ SÉDIMENTS

Les sédiments ont fait l'objet d'analyses par spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD après dessiccation et tamisage à 2 mm. Les rapports d'essai sont reproduits en annexe 2.

Les deux échantillons présentent des teneurs élevées en radionucléides naturels des chaînes de l'uranium 238 et de l'uranium 235.

Dans l'échantillon issu de la frayère, les activités massiques sont de l'ordre de 2 500 à 4 600 Bq/kg de matière sèche pour l'uranium 238 et ses descendants, et 150 à 220 Bq/kg pour l'uranium 235 et ses descendants.

Ces résultats sont proches de ceux des sédiments prélevés par la CRIIRAD en 2015 (2 300 à 4 000 Bq/kg pour l'uranium 238 et ses descendants et 180 à 280 Bq/kg pour l'uranium 235 et ses descendants).

Dans l'échantillon provenant de la berge de la Moine en aval du rejet de la station de traitement des eaux, on observe un déséquilibre entre les teneurs en uranium et leurs descendants :

- environ 2 000 Bq/kg pour l'uranium 238 (thorium 234) et 20 000 à plus de 30 000 Bq/kg pour les descendants de l'uranium 238 à partir du thorium 230,
- 90 Bq/kg pour l'uranium 235 et environ 1 000 Bq/kg pour ses descendants à partir du protactinium 231 .

Ce déséquilibre suggère que la matière analysée correspond à un résidu de traitement du minerai d'uranium.

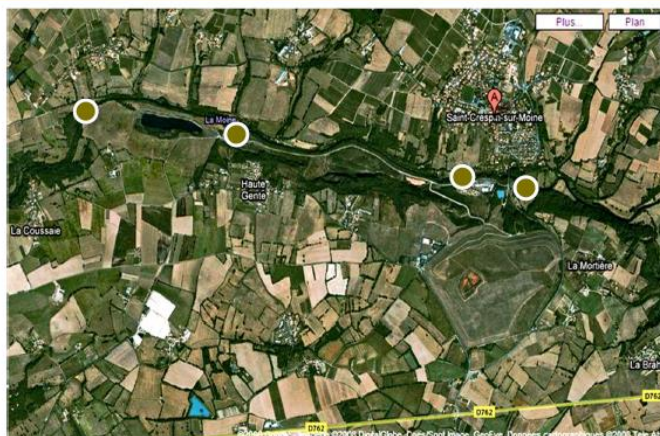
Il convient de noter qu'en 2015, la CRIIRAD avait prélevé un échantillon dans le même secteur, mais il s'agissait plutôt de terres de berge que de sédiments. Cet échantillon présentait un déséquilibre, mais nettement moins marqué (environ 4 000 Bq/kg pour l'uranium 238 et 3 900 à 8 000 Bq/kg pour ses descendants ; 200 Bq/kg pour l'uranium 235 et 280 à 420 Bq/kg pour ses descendants).

Les valeurs mesurées peuvent être comparées aux valeurs moyennes de la croûte terrestre (environ 40 Bq/kg pour l'uranium 238 et chacun de ses descendants, environ 2 Bq/kg pour l'uranium 235 et chacun de ses descendants).

Par ailleurs, d'après la présentation transmise par ORANO pour la CSS du 2 février 2023, les « *activités en Ra, U et Pb dans les sédiments* » sont « *de 30 à 40 Bq/kg MS en amont pour 60 à 100 Bq/kg MS en aval du rejet* ». ORANO indique en conclusion « *Impact négligeable du rejet sur les sédiments de la Moine* ».

Les valeurs mesurées par la CRIIRAD dans les sédiments prélevés en octobre 2022 sont plusieurs dizaines de fois supérieures à celles indiquées par ORANO.

Les sédiments de la Moine



 orano

20

Les sédiments de la Moine

Moyenne 2021, comparatif entre amont et en aval du rejet

Activités en Ra, U et Pb dans les sédiments : de 30 à 40 Bq/kg MS en amont pour 60 à 100 Bq/kg MS en aval du rejet

« Impact négligeable du rejet sur les sédiments de la Moine »

 orano

21

Diapositives extraites de la présentation ORANO pour la CSS du 2 février 2023

CONCLUSION

En 2015, le laboratoire de la CRIIRAD avait effectué, pour le compte de l'association Moine et Sèvre pour l'avenir, des prélèvements d'eaux et de sédiments dans l'environnement de l'ancien site d'extraction de l'uranium AREVA/ORANO de l'Écarpière.

Une importante contamination radiologique avait été constatée dans les eaux (319 µg/l d'uranium) et les sédiments (environ 4 000 Bq d'uranium 238 par kg sec) d'une frayère en bordure de la rivière Moine, alimentée par des eaux s'écoulant en contrebas de l'ancienne mine d'uranium du Tail.

Suite à ce constat, l'exploitant a réalisé des relevés radiométriques ainsi que des analyses concluant :

- à un marquage de l'eau et des sédiments localisé uniquement au niveau de l'émergence dans la frayère,
- à une absence de marquage des eaux et des sédiments de la frayère et de la Moine.

D'après sa présentation synthétique faite lors de la CSS du 13 octobre 2017, AREVA concluait : « *pas d'impact sur la rivière Moine* » et ne faisait pas état d'actions d'assainissement de la frayère.

La nouvelle campagne de mesures réalisée par la CRIIRAD en 2022 montre que la contamination de l'eau et des sédiments de la frayère persiste. D'après les relevés radiométriques, l'anomalie concerne a minima un secteur de plusieurs dizaines de mètres carrés situé dans la frayère proprement dite (dans sa partie amont), et non uniquement le point d'émergence des eaux de l'ancienne mine dans la frayère.

Les mesures effectuées par la CRIIRAD en 2015 avaient également révélé une contamination des terres de berge de la Moine en aval du rejet des eaux provenant du site AREVA (environ 4 000 Bq/kg sec pour l'uranium 238 et ses descendants, environ 200 Bq/kg sec pour l'uranium 235 et ses descendants).

Dans sa présentation faite lors de la CSS du 13 octobre 2017, AREVA indiquait : « *résultats non comparables car matrices différentes sédiments pour AREVA / terres de berge pour CRIIRAD* ».

D'après les résultats de la surveillance environnementale présentés par AREVA lors de la même CSS, « *en 2016 les concentrations en uranium entre l'amont (Serpillette) et l'aval (Moulin Cassé) varient de 70,0 à 200 Bq/kg de matière sèche* ». Cette surveillance comporte, pour les sédiments, 4 points de prélèvement sur la Moine allant de l'amont du pont du Gaudu à l'aval de la frayère.

Sur la base d'un plan compteur de la zone de rejet des eaux du site de l'Ecarpière, réalisé suite aux mesures CRIIRAD de 2015, AREVA avait annoncé, lors de la CSS de 2017, « *Pas de marquage radiologique des terres de berge* », en contradiction avec le résultat de l'analyse de l'échantillon de terre de berge prélevé par la CRIIRAD.

Les mesures faites par la CRIIRAD en 2022 montrent que la contamination concerne bien des sédiments (et non uniquement les terres de berge) situés en rive gauche de la Moine à quelques mètres en aval du rejet des eaux du site. D'après les activités mesurées (plusieurs milliers de Bq/kg sec d'uranium 238, plusieurs dizaines de milliers de Bq/kg de thorium 230, de radium 226 et de ses descendants), l'échantillon analysé peut être considéré comme un déchet radioactif de faible activité à vie longue.

Ce résultat pose la question du confinement des déchets du site ORANO, et de la pertinence de la méthodologie employée pour la surveillance environnementale par l'exploitant.

Pour mémoire, les recommandations déjà formulées dans le rapport 15-49, toujours valables au vu du constat effectué par la CRIIRAD en 2022, sont reproduites ci-dessous.

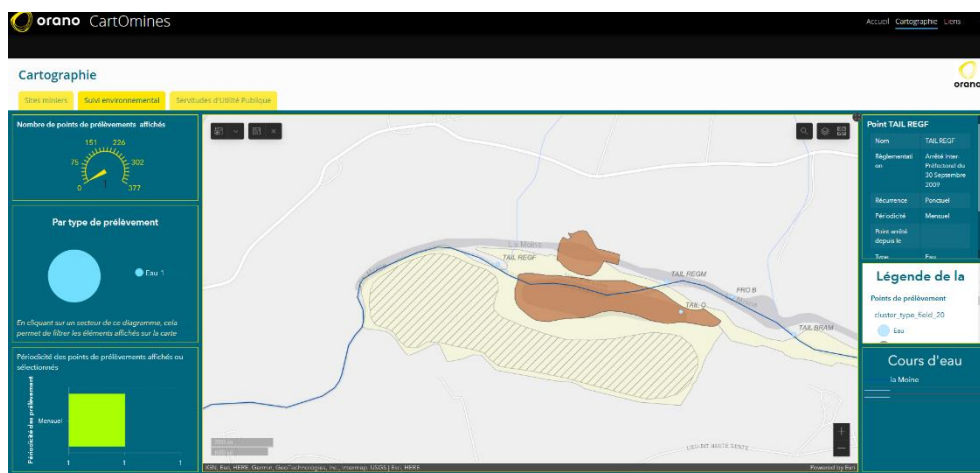
« *Sur la base de ces contrôles, la CRIIRAD recommande que l'Administration revoie les prescriptions imposées à [ORANO] en ce qui concerne la maîtrise des transferts de polluants radioactifs et chimiques par le vecteur eau sur son site de l'ECARPIERE à savoir :*

- *la collecte de tous les écoulements contaminés,*
- *la caractérisation radiologique et chimique détaillée de ces écoulements,*
- *leur traitement en vue de respecter des normes de rejet réellement protectrices du milieu naturel,*
- *la révision des plans de surveillance environnementale (contrôle sur les sédiments et terres de berges impactés, contrôles sur la faune aquatique),*
- *la justification des écarts entre les niveaux de contamination observés par la CRIIRAD dans les sédiments et terres de berge et ceux relevés par [ORANO] ».*

ANNEXE 1 : ACCESSIBILITÉ DES RÉSULTATS ORANO

À notre connaissance le public n'a pas accès aux résultats d'analyses des prélèvements effectués par ORANO autour du site de l'Écarpière.

Orano met à disposition du public une carte interactive intitulée CartOmines⁵. Cette carte permet de visionner les emplacements des points de prélèvement et la nature des prélèvements (air, eau, bio-indicateurs, ...), mais aucun résultat d'analyse n'est associé à ces points.



Copie d'écran de l'application CartOmines, ouest du site de l'Écarpière (points de prélèvement indiqués, mais non associés à des résultats d'analyse)

Certains résultats sont disponibles sur le site du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM)⁶, mais de nombreux points de prélèvement ne figurent pas sur ce site. En particulier, aucun point de prélèvement de sédiment réalisé par Orano n'est mentionné autour du site de l'Écarpière.



Copie d'écran du site du RNM, ouest du site de l'Écarpière (absence de points « Sol, sédiments »)

Les seuls résultats régulièrement transmis par ORANO sont ceux présentés annuellement lors de la réunion de la CSS, mais il ne s'agit que de synthèses globales (les résultats détaillés pour chaque point de prélèvement ne sont pas présentés). De plus, ces présentations ne sont transmises qu'aux participants à la réunion, ils ne sont pas mis en ligne.

⁵ <https://www.orano.group/fr/l-expertise-nucleaire/de-l-exploration-au-recyclage/producteur-d-uranium-de-reference/apres-mines-france-orano-mining>

⁶ <https://www.mesure-radioactivite.fr/>

ANNEXE 2 : RAPPORTS D'ESSAI DES ANALYSES DE SÉDIMENTS PAR SPECTROMÉTRIE GAMMA



Laboratoire de la CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE
Tél : +33 (0)4 75 41 82 50
E-mail : laboratoire@criirad.org
Site internet : www.criirad.org

RÉSULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMÉTRIE GAMMA

RAPPORT D'ESSAI N° 32051C-1

Étude : CMU 2022

Nature de l'échantillon : Sédiment Ecarpière frayère
aval étang ancienne MCO Le Tail

COORDONNÉES DU CLIENT

Adresse

Laboratoire CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE

MÉTHODE D'ESSAI

Description : Spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée. Détecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide. Efficacité relative de 22 à 26%. Résolution de 1,7 à 2,4 keV pour la raie à 1,33 MeV.

Normes appliquées

Exigences organisationnelles/Techniques : NF EN ISO CEI 17025
Calcul des limites caractéristiques : NF ISO 11929:2010

ÉCHANTILLON ANALYSÉ : 241022A5

Prélèvement

Code prélèvement / Référence client : **S1**
Date de prélèvement : **22/10/22 18:20**
Lieu de prélèvement : **Sèvremoine (49) France**
Lieu (précisions) : **Frayère aval étang MCO Le Tail** Code NUTS : **FR512**
Partie amont frayère
Mode de prélèvement : **Petite pelle**

Prélevé par : CRIIRAD (Marion JEAMBRUN)

Préparation avant analyse

Date de préparation : **25/10/22** Délai avant analyse (j) : **83,9**
Conditions de préparation : 105°C - Concassage manuel et tamisage à 2mm
Taux de matière sèche : **52,9%**
Préparé par : Sara ORTUNO

Analyse

Date de début de mesure : **17/01/23 09:23** Durée de comptage (s) : **85 005**
Etat de l'échantillon analysé : **Sec** Masse analysée (g) : **72,82**
Géométrie de comptage : **Cylindre V1-20** Détecteur : **C**
Analyse dépouillée par : Stéphane PATRIGEON

Catégorie	Radionucléide	Energie (keV)	Déteçté ?	Activité volumique/massique A ou < LD	Intervalle de confiance (1-γ=95%)			Incertitude type relative	Seuil de décision (1-α=95%)	Limite de détection (1-β=95%)
					Incertitude élargie	limite inférieure	limite supérieure			

RÉSULTATS À LA DATE DE DÉBUT DE MESURE (Unité : Bq/kg sec) [1]

RADIONUCLÉIDES NATURELS [2]										
Chaîne de l'uranium 238	Thorium 234 [3]	63,3	OUI	4 600	± 600	4 000	5 200	6%	30	60
	Protactinium 234m	1 001,0	OUI	4 400	± 600	3 800	5 100	7%	300	600
	Thorium 230 [3]	67,7	OUI	4 300	± 900	3 500	5 200	11%	300	600
	Radium 226 [4]	(351,9/609,3)	OUI	2 640	± 200	2 440	2 840	4%	3	6
	Plomb 214	351,9	OUI	2 720	± 280	2 450	3 000	5%	4	8
	Bismuth 214	609,3	OUI	2 560	± 280	2 280	2 840	6%	4	9
Chaîne de l'uranium 235	Plomb 210 [3]	46,5	OUI	3 300	± 500	2 800	3 900	8%	24	50
	Uranium 235	163,4	OUI	219	± 34	186	253	8%	19	39
	Protactinium 231	283,7	NON	< 100	-	-	-	-	50	100
	Thorium 227	256,2	OUI	158	± 42	116	200	14%	28	58
Chaîne du thorium 232	Radon 219	401,8	OUI	190	± 50	140	250	14%	40	80
	Actinium 228	911,2	OUI	78	± 15	63	93	10%	9	19
	Plomb 212	238,6	OUI	67	± 9	58	77	7%	20	41
	Thallium 208	583,2	OUI	21,2	± 3,9	17,3	25,1	9%	7,4	15,0
Autres	Potassium 40	1 460,8	OUI	1 070	± 120	950	1 190	6%	30	70

RÉSULTATS À LA DATE DE PRÉLÈVEMENT (Unité : Bq/kg sec) [1]

RADIONUCLÉIDES NATURELS [2]										
	Béryllium 7	477,6	NON	< 40	-	-	-	-	20	41
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS										
	Césium 137	661,7	NON	< 1,9	-	-	-	-	1,0	1,9
	Césium 134	604,7	NON	< 3	-	-	-	-	1,6	3,2

[1] Si le résultat est inférieur au seuil de décision, le radionucléide n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité (1-β) que s'il était présent, son activité ne dépasserait pas la limite de détection. Le résultat est exprimé sous la forme < LD.

Si le résultat est supérieur au seuil de décision, la probabilité que le radionucléide soit bien présent est forte (supérieure à 1-α). Le résultat le plus probable est A, et la probabilité est forte (égale à 1-γ) que le résultat soit compris entre la limite inférieure et la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Le résultat est exprimé sous la forme A ± b.

b est l'incertitude élargie. Il s'agit d'une valeur exacte lorsque l'incertitude-type dépasse 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance est symétrique), et approximative lorsque l'incertitude-type ne dépasse pas 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance n'est pas exactement symétrique).

[2] Radionucléides existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

[3] S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les résultats constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

[4] Le radium 226 est évalué à partir de ses descendants plomb 214 (raie à 351,9 keV) et le bismuth 214 (raie à 609,3 keV). Le comptage est réalisé à l'équilibre, c'est-à-dire plus de 21 jours après conditionnement de l'échantillon.

Julien SYREN

Référent métrologie

25/01/2023



Laboratoire de la CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE
Tél : +33 (0)4 75 41 82 50
E-mail : laboratoire@criirad.org
Site internet : www.criirad.org

RÉSULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMÉTRIE GAMMA

RAPPORT D'ESSAI N° 32050C-1

Étude : CMU 2022

Nature de l'échantillon : Sédiment Ecarpière rive gauche Moine
aval rejet Orano

COORDONNÉES DU CLIENT
Adresse Laboratoire CRIIRAD 29, cours Manuel de Falla 26000 VALENCE

MÉTHODE D'ESSAI
Description : Spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée. Détecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide. Efficacité relative de 22 à 26%. Résolution de 1,7 à 2,4 keV pour la raie à 1,33 MeV.
Normes appliquées Exigences organisationnelles/techniques : NF EN ISO CEI 17025 Calcul des limites caractéristiques : NF ISO 11929:2010

ÉCHANTILLON ANALYSÉ : 241022A4
Prélèvement Code prélèvement / Référence client : S2 Date de prélèvement : 22/10/22 10:20 Lieu de prélèvement : Sèvremoine (49) France Lieu (précisions) : Rive gauche Moine, aval pont Gaudu Code NUTS : FR512 Sous eau, quelques mètres aval point de rejet eaux ancien site minier Mode de prélèvement : Petite pelle
Prélevé par : CRIIRAD (Julien SYREN)
Préparation avant analyse Date de préparation : 25/10/22 Délai avant analyse (j) : 82,9 Conditions de préparation : 105° C - Tamisage à 2mm Taux de matière sèche : 50,2% Préparé par : Sara ORTUNO
Analyse Date de début de mesure : 16/01/23 09:08 Durée de comptage (s) : 85 555 Etat de l'échantillon analysé : Sec Masse analysée (g) : 71,64 Géométrie de comptage : Cylindre V1-20 Détecteur : C Analyse dépolluée par : Stéphane PATRIGEON

Catégorie	Radionucléide	Energie (keV)	Détecté ?	Activité volumique/massique	Intervalle de confiance (1-γ=95%)			Incertitude -type relative	Seuil de décision (1-α=95%)	Limite de détection (1-β=95%)
					A ou < LD	Incertitude élargie	Limite inférieure			

RÉSULTATS À LA DATE DE DÉBUT DE MESURE (Unité : Bq/kg sec) [1]											
RADIONUCLÉIDES NATURELS [2]											
Chaîne de l'uranium 238	Thorium 234	[3]	63,3	OUI	2 080	± 280	1 800	2 350	7%	70	140
	Protactinium 234m		1 001,0	OUI	1 900	± 700	1 200	2 500	18%	500	1 000
	Thorium 230	[3]	67,7	OUI	32 000	± 6 000	26 000	38 000	10%	700	1 400
	Radium 226	[4]	(351,9/609,3)	OUI	20 700	± 1 600	19 200	22 300	4%	7	14
	Plomb 214		351,9	OUI	21 200	± 2 200	19 100	23 400	5%	10	20
	Bismuth 214		609,3	OUI	20 100	± 2 200	17 900	22 400	6%	10	20
Chaîne de l'uranium 235	Plomb 210	[3]	46,5	OUI	20 500	± 3 300	17 200	23 900	8%	60	110
	Uranium 235		163,4	OUI	90	± 60	40	150	30%	50	90
	Protactinium 231		283,7	OUI	1 010	± 290	720	1 290	15%	840	1 700
Chaîne du thorium 232	Thorium 227		256,2	OUI	960	± 180	790	1 140	9%	70	150
	Radon 219		401,8	OUI	1 060	± 180	880	1 240	9%	110	220
	Actinium 228		911,2	OUI	116	± 31	85	148	14%	23	47
Autres	Plomb 212		238,6	OUI	107	± 19	88	125	9%	54	108
	Thallium 208		583,2	OUI	36	± 8	28	45	12%	17	35
	Potassium 40		1 460,8	OUI	1 010	± 140	870	1 150	7%	80	150

RÉSULTATS À LA DATE DE PRÉLÈVEMENT (Unité : Bq/kg sec) [1]											
RADIONUCLÉIDES NATURELS [2]											
	Béryllium 7		477,6	NON	< 100	-	-	-	-	50	100
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS											
	Césium 137		661,7	NON	< 4	-	-	-	-	2	4
	Césium 134		604,7	NON	< 8	-	-	-	-	4	8

[1] Si le résultat est inférieur au seuil de décision, le radionucléide n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité (1-β) que s'il était présent, son activité ne dépasserait pas la limite de décision. Le résultat est exprimé sous la forme < LD.

Si le résultat est supérieur au seuil de décision, la probabilité que le radionucléide soit bien présent est forte (supérieure à 1-α). Le résultat le plus probable est A₀ et la probabilité est forte (égale à 1-γ) que le résultat soit compris entre la limite inférieure et la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Le résultat est exprimé sous la forme A ± b. b est l'incertitude élargie. Il s'agit d'une valeur exacte lorsque l'incertitude-type dépasse 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance est symétrique), et approximative lorsque l'incertitude-type ne dépasse pas 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance n'est pas exactement symétrique).

[2] Radionucléides existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

[3] S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les résultats constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

[4] Le radium 226 est évalué à partir de ses descendants plomb 214 (raie à 351,9 keV) et le bismuth 214 (raie à 609,3 keV). Le comptage est réalisé à l'équilibre, c'est-à-dire plus de 21 jours après conditionnement de l'échantillon.

Julien SYREN
Réfèrent métrologie
25/01/2023

ANNEXE 3 : AGRÉMENTS DU LABORATOIRE CRIIRAD

Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement. La portée détaillée de l'agrément est disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Une liste actualisée au 1^{er} janvier 2023 est présentée ci-dessous :

1 / Les eaux : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 31/12/2025) et tritium (agrément valable jusqu'au 30/06/2024).

2 / Les sols : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 30/06/2026), isotopes de l'uranium, isotopes du thorium, radium 226 et descendants, radium 228 et descendants (agrément valable jusqu'au 30/06/2025).

3 / Les matrices biologiques : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 31/12/2023).

4 / Les matrices gaz : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV et gaz halogénés (agrément valable jusqu'au 30/06/2027).