



Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

Rapport N° 14-28

## **ANALYSE DE CAROTTAGE DE SOL, HERBE ET AIGUILLES DE PIN AU PEAGE-DE-ROUSSILLON**

**Etude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD dans le cadre de  
l'exploitation du réseau de balises de surveillance de la radioactivité**

Date de la mission de terrain : 10 janvier 2014

Date de rédaction du rapport : Mai 2014

Responsable d'étude et rédacteur du rapport : **Bruno CHAREYRON**, ingénieur en physique nucléaire

Réalisation mission de terrain : **Christian COURBON**, technicien spécialisé et **Stéphane PATRIGEON**, technicien métrologue

Analyses par spectrométrie gamma : **Stéphane PATRIGEON**, technicien métrologue.

Préparations des échantillons : **Jocelyne RIBOUËT**, technicienne de laboratoire.

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**  
29 cours Manuel de Falla, 26000 Valence  
☎ 04 75 41 82 50      📠 04 75 81 26 48  
<http://www.criirad.org>    [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

# **SOMMAIRE**

<b><u>1</u></b>	<b><u>CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>REALISATION DES PRELEVEMENTS ET MESURES RADIOMETRIQUES.....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>RESULTATS DES MESURES RADIOMETRIQUES .....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>RESULTATS DES ANALYSES EN LABORATOIRE .....</u></b>	<b><u>5</u></b>

## 1 Contexte et objectifs

Le laboratoire de la CRIIRAD gère une balise de surveillance de la radioactivité atmosphérique implantée au Péage-de-Roussillon.

Cet outil permet d'effectuer une surveillance en continu de la radioactivité des aérosols et des iodes sous forme gazeuse dans l'air ambiant.

Dans le cadre du programme 2013, la CRIIRAD a souhaité mettre en oeuvre des contrôles complémentaires portant sur les sols et des bioindicateurs proches de la balise. Ces contrôles permettent de disposer d'un état des lieux de la radioactivité qui pourra servir de comparatif en cas de contamination liée à un incident ou un accident. En effet, à partir de ces données, il sera possible d'évaluer l'intensité des dépôts de particules au sol et sur la végétation.

La station d'échantillonnage des sols a été choisie par monsieur Christian Courbon, technicien spécialisé en charge des interventions de terrain avec l'aide des services techniques de la ville de Péage de Roussillon. Il s'agit d'un terrain plat, non cultivé, non remanié depuis de nombreuses années et présentant ainsi une certaine capacité de « conservation » des retombées. A l'issue d'une mission de repérage a été retenu l'emplacement suivant :

**Lieu du prélèvement** : Square du monument aux anciens combattants d'Afrique du Nord, place du 19 mars, 38550 Péage-de-Roussillon.

**Couverture du terrain** : Pelouse entretenue avec récupération de la tonte. Ceci signifie que la couverture en herbe est extraite régulièrement ce qui peut conduire à une « exportation » de la part de la contamination associée au couvert végétal.

**Coordonnées GPS** : N 45.37415° E004.79551°

## 2 Réalisation des prélèvements et mesures radimétriques

Les mesures in situ et le carottage de sol ont été effectués le **10 janvier 2014** par monsieur Christian Courbon, technicien spécialisé, et monsieur Stéphane Patrigeon, technicien métrologue du laboratoire de la CRIIRAD.

En complément, des **aiguilles de pin** ont été échantillonnées le 14 janvier 2014.

Un prélèvement de la végétation de surface (**herbe**) a été effectué au ciseau sur 0,04m<sup>2</sup> (20 cm par 20 cm).

**Le sol** de référence a été prélevé par carottage (tube calibré de diamètre 68 mm). Trois carottes (A,B et C) ont été effectuées aux sommets d'un triangle équilatéral de 1 m de côté.

Chaque carotte comporte 6 strates :

- 0 => 5cm (avec végétation de surface)
- 5 => 10cm
- 10 => 20cm
- 20 => 30cm
- 30 => 40cm
- 40 => 50cm

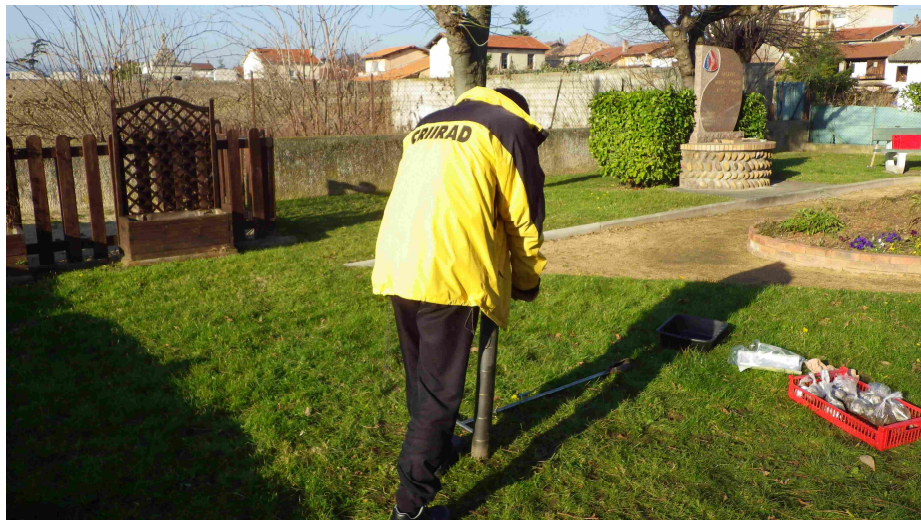
A noter, la présence de quelques remblais (morceaux de briques/tuiles et plâtre) dans l'horizon 20 à 30cm des 3 carottes.

Les prélèvements sont illustrés par les photographies pages suivante.

Vue du square



Réalisation du carottage de sol



Carottages aux 3 sommets d'un triangle équilatéral et échantillons conditionnés pour le transport



### 3 Résultats des mesures radiométriques

#### Objectifs

La majorité des radionucléides émet en se désintégrant des **rayonnements gamma**. Il s'agit de rayonnements de nature électromagnétique qui, compte tenu de leur énergie (30 keV à 2 MeV) peuvent parcourir plusieurs mètres, voire dizaines de mètres dans l'air. Ils sont responsables de l'exposition externe. Il existe un flux de rayonnement gamma naturel en surface, même en l'absence d'ajout de substances radioactives dans le sol.

On peut distinguer une composante tellurique liée à la désintégration des radionucléides primordiaux contenus dans le sol (chaînes de désintégration de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232, potassium 40) et une composante liée au rayonnement cosmique. Localement, les variations spatiales du flux de rayonnement gamma en surface sont liées essentiellement aux variations des caractéristiques radiochimiques du sol.

La mesure du flux de rayonnement gamma en surface du sol d'un site permet de vérifier l'absence de contamination surfacique importante par des radionucléides émetteurs de rayonnement gamma. L'utilisation d'un contaminomètre alpha-bêta-gamma permet de compléter le diagnostic.

#### Résultats des mesures

Des mesures radiométriques ont été effectuées le 10 janvier 2014 dans le square et sont détaillées ci-dessous.

#### Flux de photons

Le flux de rayonnement gamma, exprimé en coups par seconde (c/s), a été mesuré au moyen d'un scintillomètre de type DG5 (marque Novelec, appareil CRIIRAD N°5). Le détecteur est un scintillateur organique couplé à un photomultiplicateur. Il enregistre les rayonnements gamma à partir de 50 keV. La réponse en fonction de l'énergie est de +/- 10 % de 100 keV à 700 keV et de +/- 50 % de 60 keV à 1,3 MeV. La constante de temps de détection est de 0,1 seconde et la constante de temps de mesure de 2 secondes. Le temps mort est de 33 microsecondes.

- Contact du sol = 70 à 90 c/s
- 1m du sol = 65 à 85 c/s

#### Débit d'équivalent de dose (H\*10)

Le débit d'équivalent de dose (H\*10) a été mesuré avec un compteur proportionnel compensé en énergie Berthold LB123D :

- Contact du sol = 0,095 µSv/h
- 1m du sol = 0,079 µSv/h

#### Taux de contamination alpha-bêta-gamma

Le taux de contamination a été mesuré avec un contaminomètre alpha-bêta-gamma MCB2 de marque Canberra (mesure durant 30 secondes). Les résultats sont exprimés en coups par seconde (c/s).

- Contact du sol, sans capot (alpha-bêta-gamma) = 0,0 à 3,8 c/s
- Contact du sol, avec capot (bêta-gamma) = 0,4 à 1,8 c/s

Ces résultats restent dans la gamme des niveaux de radioactivité correspondant au bruit de fond naturel dans la région. Ils serviront de référence pour le futur.

## 4 Résultats des analyses en laboratoire

### Objectifs

Des analyses par **spectrométrie gamma** ont été effectuées au laboratoire de la CRIIRAD sur tous les échantillons prélevés. Les précisions concernant le traitement des échantillons et leur comptage, ainsi que les résultats détaillés des analyses par spectrométrie gamma sont reportés dans les rapports d'essai en Annexe 1 à 4.

Les principaux résultats concernant les analyses de sol (6 strates) sont regroupés dans le tableau T1 page 6. Les analyses ont porté sur la fraction inférieure à 2 mm après dessiccation à 105 °C.

La strate de surface a fait l'objet de 3 analyses complémentaires sur matière fraîche explicitées en Annexe 5 (strate brute, fraction végétale, terre seule).

La spectrométrie gamma permet de détecter et de quantifier de nombreux radionucléides naturels (potassium 40 et descendants de l'uranium 238, uranium 235 et thorium 232) et artificiels (césium 137, cobalt 60, iode 131, américium 241, etc...).

### Radionucléides naturels

Dans les échantillons d'herbe et les aiguilles de pin, les teneurs en radionucléides naturels sont inférieures aux limites de détection de la méthode utilisée.

Dans les échantillons de **sol**, les activités massiques des radionucléides naturels des chaînes de désintégration de l'uranium 238, du thorium 232 et celle du potassium 40 sont faibles et comparables aux valeurs moyennes de l'écorce terrestre qui sont respectivement de l'ordre de 40 Bq/kg, 40 Bq/kg et 400 Bq/kg.

Les chaînes de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232 sont globalement à l'équilibre (aux marges d'incertitude près).

Pour la chaîne de l'uranium 238, on observe classiquement une activité en **plomb 210** supérieure dans la strate 0-5 cm par rapport aux strates sous-jacentes. Ceci est dû au fait qu'au plomb 210 endogène s'ajoute le plomb 210 d'origine atmosphérique lié à la désintégration du gaz radon 222 naturellement présent dans l'air ambiant.

**Les teneurs en radionucléides d'origine naturelle sont classiques et globalement comparables ou inférieures à la moyenne de l'écorce terrestre.**

### Radionucléides artificiels

Un seul radionucléide artificiel émetteur gamma a été détecté dans les échantillons de sol analysés. Il s'agit du **césium 137**, produit de fission émetteur bêta-gamma de période physique égale à 30 ans.

L'activité du césium 137 est inférieure à la limite de détection dans les aiguilles de pin (< 0,48 Bq/kg frais) et l'herbe (< 3,6 Bq/kg frais et < 15 Bq/kg sec).

Pour tous les autres radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés (manganèse 54, cobalt 58, cobalt 60, ruthénium 106, argent 110<sup>m</sup>, antimoine 125, césium 134, cérium 144, américium 241), les activités sont inférieures aux limites de détection. Par exemple pour l'iode 131 : < 0,6 Bq/kg frais dans les aiguilles de pin et < 3,5 Bq/kg frais dans l'herbe.

Dans le carottage de sol, l'activité massique en césium 137 mesurée varie de 28 Bq/kg sec (strate 0-5 cm) à 8,5 Bq/kg sec (strate 30-40 cm).

A partir des activités massiques mesurées dans chaque strate il est possible, connaissant la masse et la surface de chaque strate, d'évaluer l'activité surfacique totale.

L'activité ainsi évaluée correspond à un dépôt actuel de **11 116 Bq/m<sup>2</sup>** qui constitue une estimation a minima du dépôt initial de mai 1986 lié à Tchernobyl<sup>1</sup> et des dépôts antérieurs (retombées des essais nucléaires particulièrement intenses dans les années 50-60).

Les dépôts initiaux étaient nécessairement plus élevés du fait :

- de la décroissance par désintégration du césium 137. En supposant que ce césium 137 ait été déposé en mai 1986 on obtient un dépôt initial de **21 000 Bq/m<sup>2</sup>**. La valeur est en réalité plus élevée si l'on considère qu'une partie du dépôt est antérieure à 1986.
- des différents mécanismes de redistribution de la contamination comme le transfert en profondeur par les pluies (le fait que la strate 40-50 cm présente une contamination significative suggère qu'une partie de la contamination est piégée dans les strates plus profondes), et l'exportation par les végétaux (ce qui est le cas de cette station du fait de la récupération de la tonte).

Cette estimation est compatible avec les valeurs relevées par le laboratoire de la CRIIRAD dans la couche superficielle des sols de l'est de la France compte tenu des retombées de l'accident de Tchernobyl en mai 1986 et du reliquat des retombées des essais nucléaires atmosphériques des années 50-60.

En effet, des carottages de sol réalisés de 1987 à 1990 en 2 sites de la Drôme et 5 sites de l'Isère avaient permis au laboratoire de la CRIIRAD d'estimer le dépôt total de césium 137 ramené à mai 1986 à **7 700 à 24 000 Bq/m<sup>2</sup> selon les sites**.

**Tableau T1 / Analyse du carottage de sol par spectrométrie gamma / principaux résultats**

Type de sol	Pelouse					
Date prélèvement	10/01/2014					
Prélevé par	CRIIRAD					
Méthode de prélèvement	Carottier 68 mm diamètre					
Strate	<b>0-5 cm</b>	<b>5-10 cm</b>	<b>10-20 cm</b>	<b>20-30 cm</b>	<b>30-40 cm</b>	<b>40-50 cm</b>
Nombre de carottes	1	2	3	3	3	3
Surface du prélèvement (m <sup>2</sup> )	0,0036	0,0073	0,0109	0,0109	0,0109	0,0109
Masse totale (frais) / g	265,87	740,42	2053,5	2411,89	2323,04	2544,31
Masse totale (sec) / g	179,87	569,54	1745,03	2114,73	2034,63	2216
Fraction sèche < 2 mm	177,18	542,64	1391,07	1728,06	1738,04	1954,23
Masse terre analysée (g, sec)	63,65	542,64	689,39	756,14	775,05	776,6
Géométrie P = Boite de Petri, MAR = Marinelli	P	MAR 500	MAR	MAR	MAR	MAR
Numéro d'analyse	C 27612	C 27607	C 27608	C 27609	C 27610	C 27613
Date analyse	27/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	27/01/2014
<b>Radionucléides artificiels</b>						
Césium 137 (Bq/kg sec)	28	21	22,6	9,8	8,5	13,3
Césium 134 (Bq/kg sec)	< 0,8	< 0,09	< 0,13	< 0,09	< 0,12	
Activité surfacique Césium 137 (Bq/m <sup>2</sup> ) ramenée à la date du prélèvement	1 366	1 569	2 886	1 554	1 356	2 386
<b>Activité surfacique Césium 137 total (Bq/m<sup>2</sup>) ramenée à la date du prélèvement</b>					<b>11 116 Bq/m<sup>2</sup></b>	
<b>Radionucléides naturels</b>						
Thorium 234 (Bq/kg sec)	< 80	19	23	25	19	22
Radium 226 (Bq/kg sec)	25	23,4	27,9	25	25,1	25,7
Plomb 210 (Bq/kg sec)	59	36	30	29	24	28
Actinium 228 (Bq/kg sec)	34	24,5	31	28,1	28,4	31
Potassium 40 (Bq/kg sec)	< 450	374	410	398	410	420
Beryllium 7 (Bq/kg sec)	< 7	< 0,8	< 1,1	< 0,8	< 1,1	< 0,7

<sup>1</sup> Une partie du césium 137 détecté en 2014 pourrait provenir en outre de l'impact des rejets des installations nucléaires régionales (par exemple la centrale de Saint-Alban située à proximité) et des retombées de la catastrophe de Fukushima qui ont atteint la France à partir de la fin mars 2011. Cependant, l'absence du césium 134 dans la couche superficielle du sol permet d'affirmer que l'essentiel du césium 137 détecté n'est pas lié aux retombées de Fukushima.

### Reconstitution du débit de dose théorique

A partir des teneurs en radionucléides naturels et artificiels émetteurs gamma mesurées au laboratoire de la CRIIRAD dans la strate superficielle du carottage de sol, il est possible d'estimer le débit de dose théorique à 1 mètre du sol.

Les calculs sont reproduits dans le tableau T2 ci-dessous.

On obtient une valeur de 0,08  $\mu\text{Sv/h}$  compatible avec la valeur mesurée (0,09  $\mu\text{Sv/h}$ ).

Environ 4 % de cette irradiation est due au césium 137 artificiel.

**Tableau T2 / Reconstitution du débit de dose à 1 mètre du sol**

Radionucléide	Facteur de conversion nGy/h par Bq/kg	Activité (Bq/kg)	Débit de dose à 1 mètre nGy/h
Uranium 238 / Radium 226	0,386	25	9,65
Thorium 232	0,523	34	17,782
Potassium 40	0,038	374	14,212
Rayonnement cosmique	-	-	37,5
Césium 137	0,12	28	3,4
Total général ( $\mu\text{Sv/h}$ )			0,083
Total naturel ( $\mu\text{Sv/h}$ )			0,079
Ajout dû au Cs 137			4,2%



**Annexe 1 / Résultats des analyses en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD / Aiguilles de pin (Bq/kg frais)**

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Site internet : www.criirad.org  
E-mail : laboratoire@criirad.org

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27606-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude CRIIRAD / Péage de Roussillon

Code Prélèvement Sans mention  
Code Enregistrement 130114A8  
N° d'analyse C 27606

Nature de l'échantillon Aiguilles de pin

Lieu de prélèvement Péage de Roussillon (38)  
Localisation du prélèvement Square anciens combattans  
Pin sur pelouse

Code de l'unité territoriale (NUTS) FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement 14/01/2014  
Opérateur de prélèvement Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)  
Mode de prélèvement Non précisé

**Pré-traitement**

Date de préparation 16/01/2014  
Délai avant analyse (j) 6

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure 22/01/2014  
Géométrie de comptage Marinelli  
Etat de l'échantillon à l'analyse Frais  
Masse analysée (g) 192,76  
Temps de comptage (s) 28 986

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme frais (Bq/kg frais)**

**Éléments radioactifs naturels\*** Activité et incertitude ou limite de détection si <

Chaîne de l'Uranium 238	
Thorium 234**	< 13
Radium 226***	< 1,1
Plomb 214	< 1,1
Bismuth 214	< 1,4
Plomb 210**	< 26

Chaîne de l'Uranium 235	
Uranium 235	< 5

Chaîne du Thorium 232	
Actinium 228	< 3,4
Plomb 212	< 1,2
Thallium 208	< 0,45

Potassium 40	< 70
Béryllium 7	< 13

**Éléments radioactifs artificiels** Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	< 0,48
Césium 134	< 0,34
Cobalt 58	< 0,37
Cobalt 60	< 0,36
Manganèse 54	< 0,39
Antimoine 125	< 1,0
Iode 131	< 0,6
Cérium 144	< 1,8
Argent 110m	< 0,35
Américium 241**	< 0,48
Iode 129**	< 0,6
Ruthénium 106	< 3,3

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Éléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

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

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**Annexe 2 / Résultats des analyses en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD / Herbe (Bq/kg frais)**

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Valence, le 06 mai 2014

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27593-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Enregistrement	130114A1
N° d'analyse	C 27593
Nature de l'échantillon	Végétaux Herbe
Taux de matière sèche	23,7%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Pelouse du square du monument aux morts (Maroc, Algérie, Tunisie)
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)
Mode de prélèvement	Découpage manuel
Conditions de prélèvement	(20x20)cm

**Pré-traitement**

Date de préparation	13/01/2014
Délai avant analyse (j)	0

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	13/01/2014
Géométrie de comptage	Pétri
Etat de l'échantillon à l'analyse	Frais
Masse analysée (g)	16,59
Temps de comptage (s)	29 661

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme frais (Bq/kg frais)**

Eléments radioactifs naturels*	Activité et incertitude ou limite de détection si <	
<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>		
Thorium 234**	<	60
Radium 226***	<	26
Plomb 214	<	26
Bismuth 214	<	36
Plomb 210**	<	60
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>		
Uranium 235	<	42
<b>Chaîne du Thorium 232</b>		
Actinium 228	<	28
Plomb 212	<	20
Thallium 208	<	9
Potassium 40	<	380
Béryllium 7	<	110
<b>Eléments radioactifs artificiels</b>		
Activité et incertitude ou limite de détection si <		
Césium 137	<	3,6
Césium 134	<	3,1
Cobalt 58	<	3,2
Cobalt 60	<	3,0
Manganèse 54	<	3,4
Antimoine 125	<	8
Iode 131	<	3,5
Cérium 144	<	14
Argent 110m	<	3,4
Américium 241**	<	3,0
Iode 129**	<	3,2
Ruthénium 106	<	30

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.  
\*\* S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.  
\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.  
Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**Annexe 3 / Résultats des analyses en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD / Herbe (Bq/kg sec)**

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

**Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27593-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Enregistrement N° d'analyse	130114A1 C 27593
Nature de l'échantillon	Végétaux Herbe
Taux de matière sèche	23,7%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Pelouse du square du monument aux morts (Maroc, Algérie, Tunisie)
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD
Mode de prélèvement	Découpage manuel
Conditions de prélèvement	(20x20)cm

**Pré-traitement**

Date de préparation	13/01/2014
Délai avant analyse (j)	0

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	13/01/2014
Géométrie de comptage	Pétri
Etat de l'échantillon à l'analyse	Frais
Masse analysée (g)	16.59
Temps de comptage (s)	29 661

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme Sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\***      Activité et incertitude ou limite de détection si <

<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>	
Thorium 234**	< 260
Radium 226***	< 110
Plomb 214	< 110
Bismuth 214	< 150
Plomb 210**	< 260
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>	
Uranium 235	< 180
<b>Chaîne du Thorium 232</b>	
Actinium 228	< 120
Plomb 212	< 80
Thallium 208	< 36
Potassium 40	< 1 600
Béryllium 7	< 480

**Eléments radioactifs artificiels**      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	< 15
Césium 134	< 13
Cobalt 58	< 13
Cobalt 60	< 13
Manganèse 54	< 14
Antimoine 125	< 35
Iode 131	< 15
Cérium 144	< 60
Argent 110m	< 14
Américium 241**	< 13
Iode 129**	< 13
Ruthénium 106	< 130

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

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

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**Annexe 4 / Résultats des analyses en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD / carottage (Bq/kg sec) / 6 pages**

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Site internet : www.criirad.org  
E-mail : laboratoire@criirad.org

CRIIRAD

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27612-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Prélèvement	Aucun
Code Enregistrement	130114A2
N° d'analyse	C 27612
Nature de l'échantillon	Terre de la carotte (0-5) cm Carottage 1 point / fraction < 2mm Sans herbe ni cailloux
Taux de matière sèche	71,7%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Square anciens combattans Pelouse
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)
Mode de prélèvement	Non précisé
Conditions de prélèvement	Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation	24/01/2014
Délai avant analyse (j)	3
Conditions de préparation	Etuvage 105°C Tamisage 2mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	27/01/2014
Géométrie de comptage	Pétri
Etat de l'échantillon à l'analyse	Sec
Masse analysée (g)	63,65
Temps de comptage (s)	30 824

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

Eléments radioactifs naturels*	Activité et incertitude ou limite de détection si <
<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>	
Thorium 234**	< 80
Radium 226***	25 ± 7
Plomb 214	24 ± 6
Bismuth 214	25 ± 7
Plomb 210**	59 ± 23
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>	
Uranium 235	< 11
<b>Chaîne du Thorium 232</b>	
Actinium 228	34 ± 13
Plomb 212	33 ± 7
Thallium 208	10,0 ± 3,1
Potassium 40	< 450
Béryllium 7	< 7
<b>Eléments radioactifs artificiels</b>	
Césium 137	28 ± 6
Césium 134	< 0,8
Cobalt 58	< 1,0
Cobalt 60	< 0,9
Manganèse 54	< 1,0
Antimoine 125	< 2,4
Iode 131	< 3,5
Cérium 144	< 3,9
Argent 110m	< 1,0
Américium 241**	< 1,0
Iode 129**	< 0,9
Ruthénium 106	< 8

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.  
\*\* S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.  
\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.  
Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27607-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Prélèvement	B et C
Code Enregistrement	130114A3
N° d'analyse	C 27607
Nature de l'échantillon	Terre de la carotte (5-10) cm Carottage 2 points B et C
Taux de matière sèche	76,9%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Square anciens combattans Pelouse
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)
Mode de prélèvement	Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation	17/01/2014
Délai avant analyse (j)	6
Conditions de préparation	Dessiccation 105°C Tamisage à 2mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	22/01/2014
Géométrie de comptage	MAR500CC
Etat de l'échantillon à l'analyse	Sec
Masse analysée (g)	542,64
Temps de comptage (s)	55 026

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\***      Activité et incertitude ou limite de détection si <

<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>			
Thorium 234**	19	±	6
Radium 226***	23,4	±	3,1
Plomb 214	23,6	±	3,1
Bismuth 214	23,3	±	3,1
Plomb 210**	36	±	7
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>			
Uranium 235	<		1,5
<b>Chaîne du Thorium 232</b>			
Actinium 228	24,5	±	4,0
Plomb 212	24,6	±	3,0
Thallium 208	8,8	±	1,2
Potassium 40	374	±	48
Béryllium 7	<		0,8

**Eléments radioactifs artificiels**      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	21,0	±	2,7
Césium 134	<		0,09
Cobalt 58	<		0,11
Cobalt 60	<		0,10
Manganèse 54	<		0,12
Antimoine 125	<		0,29
Iode 131	<		0,28
Cérium 144	<		0,6
Argent 110m	<		0,11
Américium 241**	<		0,20
Iode 129**	<		0,20
Ruthénium 106	<		0,8

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

\*\* S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs

par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**

Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Site internet : www.criirad.org  
E-mail : laboratoire@criirad.org

Valence, le 06 mai 2014

## CRIIRAD

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
Détektur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27608-1 PAGE 1 / PAGE 1**  
**RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude CRIIRAD / Péage de Roussillon

Code Prélèvement A, B et C  
Code Enregistrement 130114A4  
N° d'analyse C 27608

Nature de l'échantillon Terre de la carotte (10-20) cm  
Carottage 3 points

Taux de matière sèche 85,0%

Lieu de prélèvement Péage de Roussillon (38)  
Localisation du prélèvement Square anciens combattans  
Pelouse

Code de l'unité territoriale (NUTS) FR714

**Prélèvement**

Date de prélèvement 10/01/2014  
Opérateur de prélèvement Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)  
Mode de prélèvement Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation 17/01/2014  
Délai avant analyse (j) 6  
Conditions de préparation Dessiccation 105°C  
Tamisage à 2 mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure 23/01/2014  
Géométrie de comptage Marinelli  
Etat de l'échantillon à l'analyse Sec  
Masse analysée (g) 689,39  
Temps de comptage (s) 32 578

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\*** Activité et incertitude ou limite de détection si <

<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>			
Thorium 234**	23	±	7
Radium 226***	27,9	±	3,8
Plomb 214	28,8	±	3,9
Bismuth 214	27,1	±	3,8
Plomb 210**	30	±	8
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>			
Uranium 235	<		2,1
<b>Chaîne du Thorium 232</b>			
Actinium 228	31	±	5
Plomb 212	30,4	±	3,8
Thallium 208	9,7	±	1,4
Potassium 40	410	±	50
Béryllium 7	<		1,1

**Eléments radioactifs artificiels** Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	22,6	±	3,0
Césium 134	<		0,13
Cobalt 58	<		0,15
Cobalt 60	<		0,13
Manganèse 54	<		0,16
Antimoine 125	<		0,37
Iode 131	<		0,42
Cérium 144	<		0,8
Argent 110m	<		0,14
Américium 241**	<		0,28
Iode 129**	<		0,25
Ruthénium 106	<		1,2

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

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

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27609-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Prélèvement	A, B et C
Code Enregistrement	130114A5
N° d'analyse	C 27609
Nature de l'échantillon	Terre de la carotte (20-30) cm Carottage 3 points
Taux de matière sèche	87,8%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Square anciens combattans Pelouse
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)
Mode de prélèvement	Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation	21/01/2014
Délai avant analyse (j)	3
Conditions de préparation	Dessiccation 105°C Tamisage à 2 mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	23/01/2014
Géométrie de comptage	Marinelli
Etat de l'échantillon à l'analyse	Sec
Masse analysée (g)	756,14
Temps de comptage (s)	53 886

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\***      Activité et incertitude ou limite de détection si <

<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>			
Thorium 234**	25	±	6
Radium 226***	25,0	±	3,2
Plomb 214	26,4	±	3,3
Bismuth 214	23,7	±	3,1
Plomb 210**	29	±	7
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>			
Uranium 235	<		1,5
<b>Chaîne du Thorium 232</b>			
Actinium 228	28,1	±	4,2
Plomb 212	30,5	±	3,6
Thallium 208	10,3	±	1,4
Potassium 40	398	±	49
Béryllium 7	<		0,8

**Eléments radioactifs artificiels**      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	9,8	±	1,4
Césium 134	<		0,09
Cobalt 58	<		0,11
Cobalt 60	<		0,09
Manganèse 54	<		0,11
Antimoine 125	<		0,27
Iode 131	<		0,31
Cérium 144	<		0,6
Argent 110m	<		0,10
Américium 241**	<		0,21
Iode 129**	<		0,18
Ruthénium 106	<		0,9

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

\*\* S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs

par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Valence, le 06 mai 2014

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
DéTECTEUR semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27610-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Prélèvement	A, B et C
Code Enregistrement	130114A6
N° d'analyse	C 27610
Nature de l'échantillon	Terre de la carotte (30-40) cm Carottage 3 points
Taux de matière sèche	87,6%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Square anciens combattans Pelouse
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD (Cco/SP)
Mode de prélèvement	Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation	22/01/2014
Délai avant analyse (j)	2
Conditions de préparation	Dessiccation 105 °C Tamisage à 2 mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	24/01/2014
Géométrie de comptage	Marinelli
Etat de l'échantillon à l'analyse	Sec
Masse analysée (g)	775,05
Temps de comptage (s)	24 428

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\***      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Chaîne de l'Uranium 238			
Thorium 234**	19	±	8
Radium 226***	25,1	±	3,6
Plomb 214	25,2	±	3,5
Bismuth 214	25,0	±	3,6
Plomb 210**	24	±	7
Chaîne de l'Uranium 235			
Uranium 235	<		2,0
Chaîne du Thorium 232			
Actinium 228	28,4	±	4,9
Plomb 212	30,1	±	3,8
Thallium 208	9,9	±	1,5
Potassium 40	410	±	50
Béryllium 7	<		1,1

**Eléments radioactifs artificiels**      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	8,5	±	1,4
Césium 134	<		0,12
Cobalt 58	<		0,15
Cobalt 60	<		0,12
Manganèse 54	<		0,17
Antimoine 125	<		0,39
Iode 131	<		0,43
Cérium 144	<		0,9
Argent 110m	<		0,16
Américium 241**	<		0,30
Iode 129**	<		0,27
Ruthénium 106	<		1,4

Activités ramenées à la date de prélèvement

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

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

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.



**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**



**Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité**

29 Cours Manuel de Falla  
26000 Valence - France  
Tél. : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48

Valence, le 06 mai 2014

Site internet : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement — portée détaillée de l'agrément disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
Détektecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide.  
Efficacité relative de 22 à 24 %. Résolution de 1,7 keV pour la raie à 1,33 MeV.

**RAPPORT D'ESSAI N° 27613-1 PAGE 1 / PAGE 1  
RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA**

**Identification de l'échantillon analysé**

Etude	CRIIRAD / Péage de Roussillon
Code Prélèvement	A, B et C
Code Enregistrement	130114A7
N° d'analyse	C 27613
Nature de l'échantillon	Terre de la carotte (40-50) cm Carottage 3 points
Taux de matière sèche	87,1%
Lieu de prélèvement	Péage de Roussillon (38)
Localisation du prélèvement	Square anciens combattans Pelouse
Code de l'unité territoriale (NUTS)	FR714

**CRIIRAD**

**Prélèvement**

Date de prélèvement	10/01/2014
Opérateur de prélèvement	Laboratoire de la CRIIRAD
Mode de prélèvement	Carottier

**Pré-traitement**

Date de préparation	24/01/2014
Délai avant analyse (j)	4
Conditions de préparation	Dessiccation 105 °C Tamisage à 2 mm

**Analyse en spectrométrie gamma**

Date de mesure	27/01/2014
Géométrie de comptage	Marinelli
Etat de l'échantillon à l'analyse	Sec
Masse analysée (g)	776,6
Temps de comptage (s)	54 930

Le présent rapport comporte 1 page et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.  
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

**Activités exprimées en Becquerels par kilogramme sec (Bq/kg sec)**

**Eléments radioactifs naturels\***      Activité et incertitude ou limite de détection si <

<b>Chaîne de l'Uranium 238</b>			
Thorium 234**	22	±	6
Radium 226***	25,7	±	3,3
Plomb 214	26,2	±	3,3
Bismuth 214	25,2	±	3,3
Plomb 210**	28	±	6
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>			
Uranium 235	<		1,5
<b>Chaîne du Thorium 232</b>			
Actinium 228	31,0	±	4,5
Plomb 212	30,7	±	3,7
Thallium 208	10,6	±	1,4
Potassium 40	420	±	50
Béryllium 7	<		0,7

**Eléments radioactifs artificiels**      Activité et incertitude ou limite de détection si <

Césium 137	13,3	±	1,8
Césium 134	<		0,09
Cobalt 58	<		0,12
Cobalt 60	<		0,09
Manganèse 54	<		0,11
Antimoine 125	<		0,28
Iode 131	<		0,43
Cérium 144	<		0,6
Argent 110m	<		0,10
Américium 241**	<		0,21
Iode 129**	<		0,19
Ruthénium 106	<		0,9

Activités ramenées à la date de prélèvement

\* Eléments radioactifs existant à l'état naturel. Leur présence dans l'échantillon peut être naturelle ou liée à des activités humaines.

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

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214.

Il s'agit d'une évaluation par défaut, le comptage ayant été effectué sans attendre le délai nécessaire à la mise en équilibre.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

**Annexe 5 / Résultats des analyses préliminaires en spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD sur la strate 0-5 cm du carottage avant dessiccation.**

**Contexte**

Lorsqu'il s'agit d'étudier l'impact de retombées anciennes, il est préférable de procéder à des études sur le sol après dessiccation et tri. Le tri qui comporte un tamisage à 2 mm permet d'éliminer les cailloux, corps étrangers, racines, etc.. de manière à n'analyser que la terre elle-même. La dessiccation permet d'obtenir en outre une meilleure homogénéisation de l'échantillon avant réalisation des analyses.

Dans le cas d'étude de l'impact de retombées récentes, il peut être au contraire préférable de réaliser une première analyse sur matière fraîche. En effet, de telles mesures permettent de réduire le temps de préparation des échantillons au laboratoire et de détecter des radionucléides à courte période. De plus, une mesure rapide permet de disposer des résultats dans les meilleurs délais.

Par ailleurs, la mesure sur matière fraîche permet de limiter les risques de contamination au laboratoire et l'exposition du personnel en charge du traitement des échantillons.

C'est pourquoi la CRIIRAD a souhaité procéder à 3 analyses préliminaires sur la strate 0-5 cm « fraîche » avant de procéder à la dessiccation et au tamisage :

- Analyse sur matière brute (terre et fraction végétale : fragments d'herbe verte et racines)
- Analyse de la fraction végétale (herbe verte et racines)
- Analyse de la terre séparée de la fraction végétale.

Les résultats concernant le césium 137 et l'iode 131 sont reportés dans le tableau T3 ci-dessous.

**T3 / Analyse par spectrométrie gamma sur diverses fractions de la strate 0-5 cm « fraîche »**

Type de sol	Pelouse
Date prélèvement	10/01/2014
Prélevé par	CRIIRAD
Méthode de prélèvement	Carottier 68 mm diamètre

Strate	<b>0-5 cm</b>
Nombre de carottes	1
Surface du prélèvement (m2)	0,0036
Nature	Fraction < 2 mm
Masse totale (frais) / g	265,87
Masse totale (sec) / g	179,87
Fraction sèche < 2 mm	177,18
Masse terre analysée (g, sec)	63,65

Géométrie	P
Numéro d'analyse	C 27612
Date analyse	27/01/2014

<b>Radionucléides artificiels</b>	
Activité Césium 137 (Bq/kg sec)	28
Activité Césiums 134 (Bq/kg sec)	< 0,8

Activité surfacique Césium 137 (Bq/m2) ramenée à la date du prélèvement	1 366
---	-------

<b>Analyse sur matière fraîche</b>			
Strate	<b>0-5 cm</b>	<b>0-5 cm</b>	<b>0-5 cm</b>
Nombre de carottes	1	1	1
Surface du prélèvement (m2)	0,0036	0,0036	0,0036
Nature	Total brut : terre, herbe verte, racines	Fraction végétale : herbe et racines	Terre sans fraction végétale
Masse totale (frais) / g	264,5	13,55	237,79

Masse analysée (g, frais)	264,5	13,55	237,79
Géométrie	B250	P	B250
Numéro d'analyse	C 27598	C 27602	C 27605
Date analyse	14/01/2014	20/01/2014	21/01/2014

<b>Radionucléides artificiels</b>			
Activité Césium 137 (Bq/kg frais)	15,5 +/- 2,5	21 +/- 12	17,9 +/- 3,1
Activité Césium 134 (Bq/kg frais)	< 0,25	< 3,7	< 0,35
Activité iode 131 (Bq/kg frais)	< 0,36	< 9	< 1
Activité surfacique Césium 137 (Bq/m2) ramenée à la date du prélèvement	1 129	78	1 172

Contribution fraction végétale (Cs 137)

7%

**On constate que la fraction du césium 137 retenue dans la partie végétale du sol (herbe verte et racines) ne représente que 7 % environ du total. Compte tenu des marges d'incertitude, les différentes évaluation de la quantité de césium 137 retenue dans la strate 0-5 cm sont cohérentes (analyse en frais ou en sec). En cas d'urgence, la réalisation d'un carottage unique avec un carottier de 60 à 70 mm de diamètre permet d'obtenir une quantité de matière directement analysable en géométrie B250, ce qui peut permettre une première évaluation rapide de la contamination.**