



**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 / bruno.chareyron@criirad.org

## **Note CRIIRAD N°16-65**

### **Mesures radiométriques dans l'environnement de la carrière Delmonico-Dorel à Saint Julien Molin Molette (42) / Note préliminaire**

#### **1 / Contexte**

L'entreprise Delmonico Dorel exploite une carrière sur les communes de Saint Julien Molin Molette et de Colombier (Loire). Elle produit des matériaux granitiques, enrochements, granulats concassés, etc..

L'exploitation devait s'arrêter en 2020, mais l'entreprise effectue actuellement des démarches pour prolonger à 2050 et passer de 150 000 tonnes par an à 500 000 tonnes par an.

Un riverain du site, monsieur Lilian Verdier, membre du Collectif d'Habitants et de Riverains de Saint Julien Molin Molette, a demandé à la CRIIRAD d'effectuer un contrôle de la radioactivité dans l'environnement du site.

La CRIIRAD avait réalisé en 2008 des contrôles radiologiques préliminaires : mesures du flux de rayonnement gamma in situ (sur ses fonds propres) et analyses sur des matériaux transmis par l'association Bien Vivre.

Ces mesures avaient montré que les roches du secteur exploité présentaient une radioactivité naturelle relativement élevée. La CRIIRAD avait transmis ses relevés à l'exploitant de la carrière et à l'association locale. L'entreprise avait indiqué<sup>1</sup> qu'une évaluation du risque radiologique avait déjà été réalisée par un organisme agréé dans le cadre des procédures administratives réglementaires.

La CRIIRAD était intervenue également en novembre 2008 sur France 3 pour informer le grand public de cette situation. L'administration (DRIRE à l'époque) avait également été informée.

#### **2 / Contrôles radiométriques CRIIRAD d'octobre 2016**

Conformément à ses statuts, l'association CRIIRAD a pour mission l'amélioration de l'information du public et de sa protection contre les dangers liés aux rayonnements ionisants.

En l'absence de budget spécifique, le laboratoire de la CRIIRAD ne peut procéder à une évaluation détaillée de l'impact de la carrière sur l'environnement. Il s'agit en effet d'un travail long et complexe qui nécessite de réaliser des contrôles sur la radioactivité de l'air (radon et poussière), des sols, des bioindicateurs atmosphériques, des eaux, etc.

Par contre, le bureau de l'association CRIIRAD a décidé de réaliser quelques contrôles ponctuels (sur les fonds propres de l'association et en ayant recours au bénévolat) : mesure du taux de rayonnement gamma en lisière de la carrière et sur des matériaux extraits.

Ces mesures ont été réalisées le vendredi **21 octobre 2016**, par Mme Sylviane Poulénard, vice-présidente de la CRIIRAD, en présence de monsieur Verdier.

<sup>1</sup> Courrier de Delmonico Dorel à la CRIIRAD le 10 septembre 2008

Les contrôles radiométriques ont consisté en des mesures au contact du sol et à 1 mètre du sol au moyen d'un scintillomètre DG5 qui permet de repérer rapidement de faibles variations du flux de rayonnement gamma (exprimé en coups par seconde : c/s).

Les résultats sont reportés dans le tableau 1 ci-dessous. Les points A,B,C figurent sur la carte 1 en Annexe.

**Tableau 1 : résultats des mesures radiométriques effectuées par la CRIIRAD**

Lieu	Type	Flux gamma DG5 (c/s)	Configuration
<b>Secteur de la carrière</b>			
A (Entreposage de granulats et rochers)	Gros granulats	540	Au contact du matériau
A (Entreposage de granulats et rochers)	Petits granulats	530	Au contact du matériau
A (Entreposage de granulats et rochers)	Roches	520	Au contact du matériau
B (Sol en place-Rocher)	Rocher	490	Au contact du matériau
B (Sol en place-Rocher)	Rocher	380	A 1 mètre de distance
C (Sol en place-Rocher)	Rocher	510	Au contact du matériau
<b>Maison d'habitation (Saint Julien Molin Molette) avec granulats épanchés dans la cour</b>			
Cour de la maison (avec granulats épanchés)	Granulats épanchés	440	Au contact du sol
Cour de la maison (avec granulats épanchés)	Granulats épanchés	310	A 1 mètre du sol
Intérieur de l'habitation		210	A 1 mètre du sol
<b>Aire de Pique nique (Saint Julien Molin Molette) avec Gros Rochers</b>			
Aire de Pique nique	Gros Rochers	420	Au contact du matériau

Habituellement, le flux de rayonnement gamma mesuré en extérieur, en France, est de l'ordre de 50 c/s (typiquement sur sol calcaire) à 250 c/s (typiquement sur sol granitique). Pour un sol homogène, les valeurs mesurées à 1 m du sol et au contact sont proches en général.

Les variations s'expliquent par des différences de teneur en éléments radioactifs naturels (uranium 238, uranium 235, thorium 232 et leurs descendants, potassium 40).

Les mesures radiométriques montrent que les matériaux extraits de la carrière présentent un taux de radiation gamma de **plus de 500 c/s soit 2 fois supérieur (et parfois plus) au niveau naturel habituellement constaté sur sol granitique.**

### 3 / Interprétation

L'écorce terrestre contient un certain nombre d'éléments radioactifs naturels. Il s'agit principalement de :

- **Uranium 238**, de période physique 4,5 milliards d'années. Il est le plus souvent à l'équilibre avec ses **13 descendants** (dont le radium 226, précurseur du radon 222). L'activité massique typique est de l'ordre de 40 Bq/kg.
- **Uranium 235**, de période physique 700 millions d'années. Il est le plus souvent à l'équilibre avec ses **10 descendants**. L'activité massique typique est de l'ordre de 2 Bq/kg.
- **Thorium 232**, de période physique 14 milliards d'années. Il est le plus souvent à l'équilibre avec ses **10 descendants** (dont le radium 224, précurseur du radon 220 également dénommé thoron). L'activité massique typique est de l'ordre de 40 Bq/kg.
- **Potassium 40**, de période 1,28 milliards d'années.

Les analyses réalisées en 2008 par le laboratoire de la CRIIRAD sur un échantillon de matériaux concassés issus de la carrière ont montré des teneurs nettement supérieures à la moyenne de l'écorce terrestre pour l'uranium 238 (147 Bq/kg), le thorium 232 (232 Bq/kg) et le potassium 40 (1 470 Bq/kg).

Sur la base de ces analyses, on peut montrer que, par rapport à un substratum qui présente des teneurs en uranium 238, thorium 232 et potassium 40 conformes à la moyenne de l'écorce terrestre, l'utilisation des granulats de la carrière pour remblayer une cour ou une plate-forme peut induire un débit de dose à 1 mètre du sol 4 fois supérieur (0,26 µSv/h contre 0,06 µSv/h).

En fonction des quantités de matériaux traités et de leur utilisation dans le domaine public, cette radioactivité, bien que d'origine naturelle et appartenant au domaine des très faibles doses, peut conduire à une exposition non négligeable.

La récente **directive 2013/59/EURATOM** du Conseil du 5 décembre 2013, qui doit être transposée d'ici à 2018, demande aux Etats membres de mettre en place **des contrôles de radioactivité pour les matériaux de construction** (article 75). La méthodologie consistera à déterminer les « concentrations d'activité » des radionucléides naturels et à calculer un **indice I** permettant de statuer sur les niveaux d'exposition externe en cas d'utilisation de ces matériaux pour la construction. Pour un indice I supérieur à 1, des restrictions particulières pourront être envisagées par les autorités compétentes.

Les calculs reproduits dans le tableau 2 ci-dessous montrent que **l'indice I d'un échantillon de granulats de la carrière de Saint Julien Molin Molette** contrôlé par la CRIIRAD en 2008 **est supérieur à 2**. L'utilisation de ces granulats devrait donc faire l'objet de prescriptions particulières.

Il convient de noter que la méthodologie retenue pour évaluer cet indice ne prend pas en compte les doses liées à l'inhalation du gaz radioactif (radon et thoron) émis par les granulats ni les risques liés à l'inhalation de poussières et à l'ingestion.

**Tableau 2 / Radioactivité moyenne de l'écorce terrestre et d'échantillons de granulats / évaluation de l'indice I des granulats**

Type de matériaux	Chaîne de l'uranium 238 : Radium 226 en Bq/kg (mesure à l'équilibre)	Chaîne du thorium 232 : actinium 228 ou plomb 212 en Bq/kg	Potassium 40 en Bq/kg	Indice I (1) à comparer à 1
Moyenne écorce terrestre	40	40	400	0,47
<b>Materiau concassé de la carrière de Saint Julien Molin Molette</b>	147	232	1470	<b>2,14</b>
<b>Ratio / Nat</b>	3,7	5,8	3,7	

(1) "Indice de concentration d'activité pour les rayonnements gamma émis par les matériaux de construction", directive 2013/59 EURATOM du Conseil fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. Annexe VIII (extrait) : "I =  $C_{Ra226}/300$  Bq/kg +  $C_{Th232}/200$  Bq/kg +  $C_{K40}/3\ 000$  Bq/kg".

**Un projet d'arrêté** portant sur la transcription de la directive a été mis à la consultation du public en **septembre 2016**. On retiendra en particulier les extraits suivants :

« Art. R. 1333-30. – Les fabrications de produits de construction utilisant des matériaux naturels ou résidus industriels mentionnés à l'article D. 1333-29-1, fournissent aux utilisateurs de ces produits, un indice de concentration d'activité « I », venant compléter les caractéristiques essentielles dans la déclaration des performances du produit.

« Les modalités de calcul de l'indice de concentration d'activité « I » et les informations relatives à cet indice sont définies par un arrêté des ministres chargés de la radioprotection, de la construction et de la consommation.

« Art. R. 1333-31. –

I. – Tout maître d'ouvrage et maître d'oeuvre, constructeurs de bâtiments, mettent en oeuvre les mesures nécessaires afin de réduire l'exposition aux rayonnements ionisants émis par les produits de construction à l'intérieur du bâtiment en dessous du niveau de référence mentionné à l'article R. 1333-28 ou d'un niveau d'action, s'il a été fixé.

« Les constructeurs de bâtiments tiennent compte des indices de concentration d'activité « I » des produits de construction fournis par les fabricants de produits de construction avec les caractéristiques

essentiels de chaque produit contenant des matériaux naturels ou des résidus industriels mentionnés à l'article D. 1333-29-1, pour appliquer, si nécessaire, des restrictions d'usage.

« II. – Le maître d'ouvrage de la construction d'un bâtiment déclare préalablement à son autorité de contrôle des travaux selon le code de l'urbanisme, toute construction de bâtiment où le niveau de référence est susceptible d'être dépassé. L'autorité de contrôle des travaux, en général, le maire peut demander un avis à l'Autorité de sûreté nucléaire.

« Art. R. 1333-31-1. – Un guide pour les professionnels du bâtiment, homologué par arrêté des ministres chargés de la radioprotection et de la construction, définit la méthodologie à appliquer afin de réduire la radioactivité dans les bâtiments, notamment en matière d'utilisation de produits de construction dont l'indice de concentration d'activité « I » est supérieure à 1 dans les bâtiments »

Ces textes montrent que la réglementation va se renforcer prochainement, en ce qui concerne la radioactivité naturelle des matériaux de construction, en tout cas pour les matériaux utilisés dans le bâtiment.

Du point de vue de la CRIIRAD, la question se pose également de l'utilisation de matériaux à radioactivité naturelle relativement élevée pour le soubassement routier ou les aménagements extérieurs.

A l'avenir, les utilisateurs de matériaux vont probablement délaisser les carrières qui extraient des matériaux à radioactivité naturelle élevée ce qui pose la question de la pertinence de l'extension de la carrière de Saint Julien Molin Molette.

Dans tous les cas, la CRIIRAD recommande que l'exploitant de la carrière transmette aux associations de riverains les documents techniques permettant de se prononcer sur l'impact radiologique des activités d'extraction, pour les travailleurs, l'environnement et les riverains et pour les utilisateurs des produits.

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

## ANNEXE 1 / Carte 1 Localisation des points de mesure A, B et C



## ANNEXE 2 / Photographies CRIIRAD (21 octobre 2016)

### Secteur A / granulats et rochers



## Secteur A / granulats et rochers



## Mesures au contact des rochers au niveau de la carrière



## Mesures au contact des rochers (aire de pique nique)



### ANNEXE 3

## Chaînes de désintégration de Uranium 238, Uranium 235 et Thorium 232

### CHAINE RADIOACTIVE Famille de l'Uranium 238

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

Les radioéléments en gras dans les tableaux sont détectables en spectrométrie gamma.

## CHAINE RADIOACTIVE

### Famille de l'Uranium 235

Radioéléments	Mode de désintégration	Période radioactive
<b>Uranium 235</b>	$\alpha$	<b>7 10<sup>8</sup> ans</b>
Thorium 231	$\beta$	25,6 heures
Protactinium 231	$\alpha$	3,3 10 <sup>4</sup> ans.
Actinium 227	$\beta$	21,8 ans
<b>Thorium 227</b>	$\alpha$	<b>18,7 jours</b>
<b>Radium 223</b>	$\alpha$	<b>11,4 jours</b>
<b>Radon 219</b>	$\alpha$	<b>3,9 secondes</b>
Polonium 215	$\alpha$	1,8 10 <sup>-3</sup> secondes
<b>Plomb 211</b>	$\beta$	<b>36 minutes</b>
Bismuth 211	$\alpha$	2,2 minutes
Thallium 207	$\beta$	4,8 minutes
Plomb 207		Stable

Les radioéléments en gras dans les tableaux sont détectables en spectrométrie gamma.

## CHAINE RADIOACTIVE

### Famille du thorium 232

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

Les radioéléments en gras dans les tableaux sont détectables en spectrométrie gamma