

3. CARACTERISATION DES DECHETS SOLIDES (RESIDUS ET STERILES)

3.1. Objectifs / méthodologie

Les prélèvements de solides avaient pour objet de caractériser d'une part les sols naturels (terre végétale, substratum, indice affleurant) et d'autre part les matières liées à l'exploitation minière (boues, stériles, résidus) présentes sur le site et dans son environnement proche.

Les stations proposées initialement par le laboratoire de la CRIIRAD (note SPLP5 du 23 mai 2001) sont regroupées dans le [tableau T3 ci-après](#).

Compte tenu des contraintes budgétaires, le laboratoire de la CRIIRAD proposait de n'analyser directement que 17 échantillons au lieu des 30 prévus dans le cahier des charges, de façon à pouvoir effectuer un certain nombre d'analyses sur le milieu aquatique et le radon dans l'air. Les échantillons que la CRIIRAD proposait d'analyser figurent en jaune.

On retiendra :

Pour l'environnement naturel

- ◆ Une terre de jardin (et une terre sous influence au moulin de Saint-Priest : jardin arrosé avec l'eau de la Besbre et soumis aux inondations),
- ◆ La minéralisation du BN9.

Pour le terme source :

- ◆ 4 stériles de la piste de la ferme du Jot vers SIMO, correspondant à une gamme d'irradiation au contact représentative à partir de laquelle il sera possible d'extrapoler aux autres stériles présent sur le site et dans l'environnement,
- ◆ 4 résidus (2 anciennes carottes et 2 issus de carottes à prélever sous eau), de façon à caractériser les résidus du grand bassin en corrélation avec les données COGEMA,
- ◆ 6 boues correspondant a priori à de la pulpe ou du résidu (site SIMO, site BNL, montage M116).

Une liste définitive a été arrêtée lors de la réunion du CSST en date du 23 mai 2001.

Conformément au cahier des charges, un certain nombre de matériaux solides ont été échantillonnés conjointement par les techniciens CRIIRAD et SUBATECH du 12 au 14 juin 2002. Les laboratoires ont ensuite ramené une partie seulement des échantillons. Ils les ont broyés puis échangés et ont procédé aux différentes analyses.

Tableau T3 : Liste CRIIRAD initiale des points d'échantillonnage de sols et déchets solides

Tableau T1 : Prélèvements et analyse de solides	Proposition CRIIRAD	Mesure CRIIRAD	Contact DG5	Code
1 a / Environnement de référence (hors influence, même contexte géologique)				
REF 1 : Clairière Leydy (Ouest)	Terre Végétale + substratum	non	150	2-6
REF 2 : La Prugne (Nord), à 200 m Dosi ALGADE	Terre jardin	Terre jardin	215	2-8
REF 3 : Les Laurents	Terre Végétale + substratum	non	150	2-10
1 b / Minéralisation affleurante ou indice non exploité				
Indice BN 9 les Côtes (commune de SPLP)	minéralisation	Minéralisation	1900	6-1
Indice BN 9 les Côtes (commune de SPLP)	terre végétale			
2 a / Environnement proche du site BNL (zones habitées)				
Jardin Le moulin de Saint-Priest	1 terre jardin	1 terre jardin	250	5-10
2 b / Limite extérieure du site BNL				
Clôture Sud de plate-forme du Jot à SIMO	1 stérile	1 stérile	500	19-1 à 19-4
Clôture Sud de plate-forme du Jot à SIMO	1 stérile	1 stérile	1 100	19-1 à 19-4
Clôture Sud de plate-forme du Jot à SIMO	1 stérile	1 stérile	4 500	19-1 à 19-4
Clôture Sud de plate-forme du Jot à SIMO	1 stérile	1 stérile	16 800	19-1 à 19-4
2 c / Zone de dépôt avéré de stériles miniers				
Piste de la Pierre des Fées / Point chaud	cf autres stériles		9000	20-16
Piste de la Pierre des Fées / Médian	cf autres stériles		1000	20-16
Piste de la Pierre des Fées / Sous-bois	cf autres stériles		180	20-16
Piste des Prades	cf autres stériles		10 000	3-14 à 3-15
Piste de Moulin Spriest au Paradou	cf autres stériles		3900	4-1
Piste vers source N° 17 (date de construction voie ferrée)	cf autres stériles		4500	5-3
Piste sous fontaine village SPLP	cf autres stériles		4900	5-21
Parking Foyer de Ski de Fond	cf autres stériles		2000	2-7
Parking Paradou	1 stérile		1600	4-2 et 5-1
Route (anomalie Vallas)	cf autres stériles			2-11
Parking Hangar Les Gadaillères	cf autres stériles		2300	2-12
Remblai Hangar Moulin Thienon	cf autres stériles		4300	4-4 et 5-7
Remblai maison Moulin Poyet	cf autres stériles		3800	4-3 et 5-9
Scierie Mondière (commune de Lavoine) / Prairie	cf terre végétale de réf.		200	5-11 à 5-13
Scierie Mondière (commune de Lavoine) / Extérieur	cf autres stériles		20 000	5-11 à 5-13
Scierie Mondière (commune de Lavoine) / Intérieur	cf autres stériles		4 400	5-11 à 5-13
Scierie Mondière (commune de Lavoine) / Intérieur	cf autres stériles		500	5-11 à 5-13
Scierie Chabrier (commune de SPLP)	cf autres stériles		1800	5-20
Scierie de Bellechasse (commune de SPLP) / Chemin	cf autres stériles		230	6-3 et 6-4
Scierie de Bellechasse (commune de SPLP) / PC	cf autres stériles		7400	6-3 et 6-4
3 a / Emprise du site COGEMA				
Mine à Ciel Ouvert	cf autres stériles			22-22 à 22-23
Dosimètre Algade Mine à Ciel Ouvert	cf autres stériles		350	6-5
Point Chaud Piste MCO	1 sol		23 000	2-5
MCO Sud vers M 116	cf autres stériles			3-9+carte BNL
Verse du Jot	cf autres stériles			
Chemin de la pulpe (SIMO vers Bâche à eau)	1 boue	1 boue	1 500	5-17et 18+carte
Transversale Côte 550 et 600 (Puits P1)	1 boue fossé	1 boue fossé	3800	22-16
Secteur P3 Côte 650 bis / Caniveau	1 boue caniveau	1 boue	7600	5-19
Examen des carottes de résidus du bassin	6 échantillons de résidus	2 résidus anciens		02-avr
Prélèvement de 2 carottes récentes	4 échantillons de résidus	2 résidus récents		
Digue	cf autres stériles			21-8 à 21-9
Parement aval de la Digue	cf autres stériles			22-1 à 22-2
3 b / Emprise du site SIMO				
Bâtiment 3 : Usine / TBP	1 éch Mur	non (déjà analysé)	580	4-8 à 4-17
Bâtiment 3 : Usine / Epaisseur	1 boue	1 boue		
Bâtiment 3 : Usine / Boue rouge	1 boue	1 boue		
Entrée annexe côté BN3 / PC	1 cailloux		23 000	3-12 et Carte S
3 c / Ouvrages débouchant au jour hors site principal				
Puits BN3 (aérag, sud-ouest) et verse et chemin accès	cf autres stériles		5500	3-11
Montage M116 (remblayé, Sud-est) et chemin accès / Boue rouge	1 boue	1 boue	1 300	3-9 et 10+carte
Montage M116 (remblayé, Sud-est) et chemin accès / Boues	1 boue		6 300	3-9 et 10+carte
Montage M116 (remblayé, Sud-est) et chemin accès / chemin	cf autres stériles		4 500	3-9 et 10+carte
Montage M122 (ventilation de 40 m de haut remblayé) / Max	1 sol		2730	3-7 et 3-8
3 d / Zone délocalisée d'exploitation de l'uranium				
BN2 "Saint-Priest" / Aut. et Pech. (MCO et TMS), abandon juin 1979	cf autres stériles	non	2600	21-10 à 21-12
Chantier des Gadaillères (galeries), délaissement Mai 1980 / PC	cf milieu aquatique		6800	2-12
Total	34	17		

3.2. Résultats et commentaires

Les résultats des analyses par spectrométrie gamma effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD sont regroupés en [annexe 4](#).

3.2.1. Les solides naturels

Les résultats sont reportés dans le tableau TS1 en [annexe 4](#).

Echantillons de référence

Dans les échantillons de référence (terre de jardin et substratum à La Prugne), les chaînes de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232 sont à l'équilibre. Leurs activités respectives sont de l'ordre de

- 60 à 114 Bq/kg pour la chaîne de l'uranium 238 et
- 100 à 130 Bq/kg pour celle du thorium 232.

L'activité du potassium 40 est de l'ordre de 1 200 Bq/kg.

De telles valeurs sont 2 à 3 fois supérieures à l'activité moyenne de l'écorce terrestre qui est typiquement de l'ordre de 40 Bq/kg pour les chaînes de l'uranium 238 et du thorium 232 et 300 à 600 Bq/kg pour le potassium 40. Ces résultats sont cependant classiques pour des régions « *granitiques* ».

Un seul radionucléide artificiel émetteur gamma est mis en évidence, dans la terre de jardin. Il s'agit du césium 137 (19 Bq/kg sec). Cette activité est compatible avec le reliquat de contamination imputable aux retombées des essais nucléaires des années 50 / 60 et de l'accident de Tchernobyl en 1986.

Indice uranifère

Le filon non exploité BN9, localisé par la CRIIRAD avec l'aide d'un ancien prospecteur (cf rapport [SPLP3 en annexe](#)), présente des chaînes de désintégration de l'uranium 238 et du thorium 232 à l'équilibre. Les niveaux de thorium 232 et potassium 40 sont inférieurs à ceux de la terre et du substratum de référence. Par contre l'activité en uranium 238 et descendants est de l'ordre de 15 000 Bq/kg soit 260 fois plus que dans le substratum de référence de La Prugne. Compte tenu des fortes activités en uranium, l'isotope uranium 235 et ses descendants émetteurs gamma sont détectables. L'activité moyenne de la chaîne de l'uranium 235 est de l'ordre de 500 à 1000 Bq/kg. Ce résultat est cohérent avec le rapport isotopique naturel Uranium 238 / uranium 235 de 21,7.

3.2.2. Les remblais et stériles miniers

Les résultats sont reportés dans les tableaux TS4 (remblais de la piste sud), TS 5 (remblais de la scierie Mondière) et TS 6 (déchets de la verse du Jot) en [annexe 4](#).

Comme illustré par l'analyse du filon uranifère BN9 commentée ci-dessus, le minerai d'uranium est caractérisé par une forte concentration en uranium 238 et descendants et uranium 235 et descendants.

Les différents remblais analysés présentent également cette caractéristique.

Les principales caractéristiques radiologiques de ces remblais sont reportées dans le [tableau T4 ci-dessous](#).

Tableau T4 : principaux résultats des analyses par spectrométrie gamma réalisées par la CRIIRAD sur les remblais

	Uranium 238 (thorium 234)	Radium 226	Plomb 210	Ra 226 / U 238	Uranium 235	U 238 / U 235	Thorium 232 (actinium 228)	potassium 40
Terre S1 A / Jardin Laprugne	114	108	105	0,9	< 9	-	128	1 210
Substratum S1 B / La Prugne	57	59	47	1,0	< 16	-	96	1 200
Roche Filon S3 / BN9	13 600	15 400	12 400	1,1	650	21	46	484
Remblai S16 / Sud Site	47	47	40	1,0	< 5	-	39	840
Remblai S17 / Sud Site	460	390	330	0,8	25	18	77	1 300
Remblai S18 / Sud Site	530	620	460	1,2	29	18	57	950
Remblai S19 / Sud Site	32 000	28 200	30 000	0,9	1 600	20	86	1 400
Remblai S20 A / Scierie Mondière	700	500	480	0,7	47	15	83	1 100
Remblai S20 B / Scierie Mondière	23 000	32 100	21 200	1,4	1 300	18	130	1 300
Remblai S20 C / Scierie Mondière	1 000	1 500	1 300	1,5	66	15	106	1 400
Remblai S20 D / Scierie Mondière	11 000	15 000	11 000	1,4	590	19	100	1 100
Remblai S9 / Verse à stérile sur site COGEMA	2 900	2 100	1 600	0,7	170	17	120	1 400

On constate que :

- La chaîne de désintégration de l'uranium 238 est à l'équilibre aux marges d'incertitudes près (le rapport radium 226 / uranium 238 est compris entre 0,7 et 1,5 soit une valeur proche de l'unité),
- Le rapport uranium 238 / uranium 235 est compatible avec la valeur naturelle de 21,7 aux marges d'incertitude près (15 à 21),
- Les activités des descendants du thorium 232 (39 à 130 Bq/kg) et du potassium 40 (840 à 1 400 Bq/kg) sont comparables à celles des échantillons de référence.

L'activité des descendants de l'uranium 238 des remblais est très hétérogène et comprise entre celle du substratum naturel et 32 000 Bq/kg (remblai S19 prélevé sur la piste au sud du site, remblai S20 B prélevé sur la plate-forme de la scierie Mondière). Les échantillons en jaune dans le tableau ci-dessus ont une activité en uranium 238 supérieure au seuil d'exemption de 1000 Bq/kg retenu par la directive EURATOM 96/29. Ils doivent donc être considérés comme des déchets radioactifs (type TFA) et ne devraient pas se trouver dans le domaine public.

Ceci illustre la mauvaise gestion passée de ce que le CEA et COGEMA appelaient improprement des « stériles miniers ». Il s'agissait en effet de blocs issus de l'extraction du minerai considérés comme insuffisamment actifs pour qu'il soit utile de les concasser et de les envoyer à l'usine SIMO d'extraction de l'élément uranium.

Néanmoins le seuil de coupure pouvait être relativement élevé (4 000 Bq/kg par exemple en Limousin, soit une activité en uranium plusieurs dizaines de fois supérieure à celle du substratum naturel). De plus le tri effectué dans les galeries ou en surface pouvait être relativement grossier et des blocs de minerai étaient ainsi improprement classés « stériles ». En outre, d'anciens travailleurs du site BNL nous ont expliqué par exemple qu'il arrivait, suite à un manque d'attention des personnels, que des tas entiers de minerai soient chargés par erreur dans des camions destinés à recueillir des stériles.

En laissant la population et certaines entreprises utiliser ces stériles pour remblayer des chaussées ou pire des soubassements de bâtiments, les exploitants et l'administration ont ainsi favorisé à l'époque la dispersion de matières radioactives dans l'environnement et le domaine public, avec les conséquences sanitaires parfois inacceptables (cf le cas de la scierie Mondière en [annexe 2](#)). Cette situation doit être corrigée et les remblais actifs doivent être évacués du domaine public.

3.2.3. Les résidus et déchets divers

Les résultats détaillés sont reportés en [annexe 4](#) dans les tableaux TS2 (anciennes carottes prélevées par COGEMA dans le grand bassin) et TS 3 (déchets divers du pourtour sud et du site SIMO) et en [annexe 5](#), tableau TA-S1 (résidus prélevés par la CRIIRAD en septembre 2001 dans le grand bassin).

Les principales caractéristiques radiologiques de ces remblais sont reportées dans le [tableau T5 ci-dessous](#).

Tableau T5 : principaux résultats des analyses par spectrométrie gamma réalisées par la CRIIRAD sur les résidus et déchets divers

	Uranium 238 (thorium 234)	Radium 226	Plomb 210	Ra 226 / U 238	Uranium 235	U 238 / U 235	Thorium 232 (actinium 228)	potassium 40
Résidus SPLP 1 R (Grand bassin), sept 2001	1 400	6 500	6 100	4,6	84	17	27	770
Résidus SPLP 2 R (Grand bassin), sept 2001	1 800	11 700	11 000	6,5	148	12	42	830
Résidus carotte S5 A 11-12 m (Grand bassin)	2 900	53 000	42 500	18,3	220	13	144	1 100
Résidus carotte S5 B 25-26 m (Grand bassin)	2 800	17 400	16 000	6,2	150	19	67	850
Sable Boue S10 / Montage M116	830	6 500	6 300	7,8	< 90	-	49	880
Pulpe S12 / Pulpe épaisseur	22 400	50 500	37 000	2,3	1 100	20	< 29	570
Résidu SIMO S13 / Usine SIMO	1 200	1 900	1 900	1,6	67	18	91	939
Bassins de décantation (après traitement)	17 400	56 500	10 500	3,2	894	19	650	700

On constate que :

- La chaîne de désintégration de l'uranium 238 n'est pas à l'équilibre. L'uranium 238 est déficitaire par rapport au radium 226. Le déficit est d'un facteur 4 à 18 pour les résidus du grand bassin, d'un facteur 2,3 pour la pulpe de l'épaisseur, 3,2 pour les boues des bassins de décantation et 7,8 pour la boue prélevée sur la piste d'accès au montage M116. Ces solides sont bien des déchets issus d'un traitement industriel.
- Le rapport uranium 238 / uranium 235 est compatible avec la valeur naturelle de 21,7 aux marges d'incertitude près (12 à 20),
- Les activités des descendants du thorium 232 (27 à 144 Bq/kg) et du potassium 40 (570 à 1 100 Bq/kg) sont comparables à celles des échantillons de référence, sauf pour la boue des bassins de décantation de la station de traitement (650 Bq/kg pour le thorium 232).

L'activité des descendants de l'uranium 238 de ces déchets est très hétérogène. Les échantillons en jaune dans le tableau ci-dessus ont une activité en uranium 238 supérieure au seuil d'exemption de 1000 Bq/kg retenu par la directive EURATOM 96/29. Ils doivent donc être considérés comme des déchets radioactifs (type TFA). C'est le cas de la pulpe de l'épaisseur et du déchet S13 prélevés dans l'usine SIMO restituée à la municipalité par l'exploitant.

Les résidus du grand bassin

Le minerai d'uranium a été traité dans l'usine SIMO de 1960 à 1980. L'extraction chimique a permis à COGEMA d'isoler 6 718 tonnes d'uranium. Les résidus d'extraction contiennent pratiquement tous les descendants radioactifs de l'uranium 238 à partir du thorium 230, ainsi qu'un reliquat des têtes de série (uranium 238, thorium 234, protactinium 234^m, uranium 234), soit plus de 80 % de la radioactivité initiale du minerai.

COGEMA précise que « ces résidus ont fait l'objet d'un cyclonage afin de séparer :

- La partie sableuse qui a servi au remblayage hydraulique lors de l'exploitation de la mine souterraine : 1,284 millions de tonnes,
- La partie fine (1,3 millions de tonnes) stockée dans un bassin de décantation de 18 hectares de surface sur une épaisseur maximale de 30 m, et sous une tranche d'eau de 2 mètres. »

Nous avons reporté dans le [tableau T6 ci-dessous](#) les analyses transmises par COGEMA sur le sondage S2.

Tableau T6 : Données COGEMA concernant la radioactivité de la carotte de résidus S2

Profondeur (m)	U 238	Th 230	Ra 226	Pb 210	Pa 231	Th 230 / Pa 231		Th 230 / Ra 226		Pb 210/Ra 226	
8 à 9	1 550	80 179	48 174	85 655	2 960	27,09	1,7	1,8			
9 à 10	3 063	60 865	41 514	73 223	2 701	22,53	1,5	1,8			
10 à 11	2 038	85 544	44 992	83 731	3 515	24,34	1,9	1,9			
11 à 12	1 288	53 465	54 649	82 362	2 886	18,53	1,0	1,5			
12 à 13	1 675	71 447	38 406	67 932	2 294	31,15	1,9	1,8			
13 à 14	1 675	37 148	22 089	43 142	1 554	23,90	1,7	2,0			
14 à 15	2 475	60 680	32 819	58 238	1 961	30,94	1,8	1,8			
15 à 16	1 750	44 548	26 233	46 694	1 702	26,17	1,7	1,8			
16 à 17	1 500	34 706	24 679	38 295	1 443	24,05	1,4	1,6			
17 à 18	1 088	35 520	7 881	42 661	518	68,57	4,5	5,4			
18 à 19	1 138	33 781	25 752	40 811	1 480	22,83	1,3	1,6			
19 à 20	2 313	44 030	21 534	43 253	1 517	29,02	2,0	2,0			
20 à 21	1 763	26 751	23 125	34 336	1 295	20,66	1,2	1,5			
21 à 22	1 725	29 193	19 425	32 264	1 073	27,21	1,5	1,7			
22 à 23	1 188	69 634	16 835	23 236	851	81,83	4,1	1,4			
23 à 24	2 263	21 571	23 421	33 744	2 405	8,97	0,9	1,4			
24 à 25	1 763	21 312	19 499	32 264	1 110	19,20	1,1	1,7			
25 à 26	7 150	33 633	22 200	41 551	1 517	22,17	1,5	1,9			
26 à 27	2 800	44 400	10 915	61 420	666	66,67	4,1	5,6			
valeur mini	1 088	21 312	7 881	23 236	518	9,0	0,9	1,4			
valeur maxi	7 150	85 544	54 649	85 655	3 515	81,8	4,5	5,6			
moyenne	2 116	46 758	27 586	50 780	1 760	31,4	1,9	2,1			
% écart type	61%	41%	44%	37%	46%	59%	54%	57%			

L'activité moyenne du radium 226 dans la carotte est comprise entre 7 900 et 54 600 Bq/kg avec une moyenne de 27 600 Bq/kg.

COGEMA estime que l'activité massique moyenne en radium 226 des résidus du grand bassin est de 57 000 Bq/kg. Les mesures réalisées par la CRIIRAD sur les 2 échantillons de résidus anciens et les 2 échantillons de résidus prélevés en surface en septembre 2001 donnent de 6 500 à 53 000 Bq/kg. Cette fourchette de valeurs est cohérente avec les données fournies par COGEMA sur la carotte S2. Les échantillonnages réalisés par la CRIIRAD sont bien entendu insuffisants pour conforter ou infirmer l'estimation effectuée par COGEMA, ils permettent néanmoins de considérer qu'elle est plausible.

Curieusement les données COGEMA sur la carotte S2 indiquent que l'activité du thorium 230 et plomb 210 est en moyenne environ 2 fois supérieure à celle du radium 226.

La boue du chemin d'accès au montage M116

Lors des prédétections radiométriques le laboratoire de la CRIIRAD avait mis en évidence un niveau de rayonnement gamma anormalement élevé sur le chemin d'accès au montage M116, en particulier lorsque des sables et boues rouges étaient visibles sur le chemin. Lors d'une réunion du CSST, le représentant de la CRIIRAD avait interrogé COGEMA sur la présence de ces boues qui semblaient être des résidus, probablement issus du remblayage hydraulique. Les représentants de la COGEMA avaient répondu que cela ne pouvait être le cas. L'analyse en spectrométrie gamma réalisée par la CRIIRAD montre que ces boues sont bien des résidus avec 8 fois plus de radium 226 que d'uranium 238.

La CRIIRAD recommande que l'évaluation de l'impact à long terme du site BNL prenne en compte les risques liés au transfert à long terme par les eaux qui circulent dans les anciennes galeries, des 1,28 millions de tonnes de résidus sableux utilisés en remblayage hydraulique.

La boue des bassins de décantation de la station de traitement des eaux

Ces boues ont des activités en uranium 238 et radium 226 élevées (respectivement 17 400 Bq/kg et 56 500 Bq/kg) supérieures aux activités mesurées dans les 4 échantillons de résidus du grand bassin.

La CRIIRAD recommande que COGEMA fournisse au CSST les résultats des mesures effectuées sur ces boues lors de chaque curage des bassins et précise leur mode de conditionnement et de gestion en tant que déchets radioactifs.