

## CRIIRAD

Commission de Recherche  
et d'Information Indépendantes  
sur la Radioactivité

Site : [www.criirad.org](http://www.criirad.org)  
Tel : + 33 (0)4 75 41 82 50  
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48  
E-mail : [laboratoire@criirad.org](mailto:laboratoire@criirad.org)

Valence le 2 mai 2012

### Rapport CRIIRAD N°12-08

## Relevés radiologiques préliminaires sur l'ancien site minier uranifère de Rophin (Puy de Dôme)

### 1 / Contexte, objectifs et méthodologie

L'association **Puy de Dôme Nature Environnement**, en la personne de son président monsieur Marcel Breugnot, a demandé au laboratoire de la CRIIRAD d'effectuer des contrôles radiométriques sur l'ancien **site minier uranifère de Rophin situé sur les communes de Lachaux et Ris** dans le Puy de Dôme.

Monsieur Breugnot oeuvre depuis plus de 15 ans pour que l'impact radiologique des anciennes mines du Puy de Dôme soit correctement évalué et que les situations les plus significatives soient traitées.

Le laboratoire de la **CRIIRAD** a effectué une mission exploratoire. Ce travail a été financé par l'association CRIIRAD sur les fonds propres de l'association et par le **Conseil Général du Puy-de-Dôme** au travers d'une subvention<sup>1</sup> de fonctionnement attribuée à la CRIIRAD.

#### Présentation du site de Rophin

Les éléments ci-dessous sont issus des fiches descriptives annexées au rapport d'AREVA [AREVA 1].

L'ancien site d'extraction de l'uranium de Rophin a été exploité de 1948 à 1957. Sa surface est de **2 hectares** et 70 centiares. Il a été exploité par le CEA puis placé sous la responsabilité de COGEMA (créée en 1976), devenue en 2001 filiale d'AREVA NC (données AREVA).

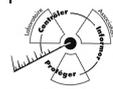
Sur le site de Rophin, l'uranium a été extrait de 1948 à 1952 par **travaux miniers souterrains** (TMS). La fiche 504b du dossier [AREVA 1, annexe 1] indique que 2 000 tonnes de minerai et pseudo-minerai ont été extraites.

Le site comportait des **laveries** qui ont permis le traitement des minerais d'uranium de 1948 à 1957 (cf photographies page 4). Selon AREVA, environ 30 000 tonnes de minerai et pseudo minerai ont été traitées. Ces laveries permettaient de concentrer les minerais du secteur (pas seulement de la mine de Rophin) avant traitement à l'usine CEA du Bouchet (région parisienne). Il s'agissait surtout d'un traitement mécanique.

Les **résidus** de traitement de la laverie, soit environ **30 000 tonnes** ont été entreposés sur place (ICPE, rubrique 1 735). Selon AREVA [AREVA 1, page 81], « *la digue de ceinture d'une hauteur de 2 à 3 m et d'environ 150 m de longueur est constituée de stériles miniers et de tout-venant recouverts de terre végétale et naturellement végétalisée* ».

La surveillance de ce stockage de déchets radioactifs est règlementée par l'arrêté préfectoral N° 631 du **30 octobre 1985**. Il existe des servitudes conventionnelles de droit

<sup>1</sup> Il s'agit d'un montant de 1 400 Euros en 2010 et 1 500 Euros en 2011.



privé au profit de l'Etat portant sur les terrains appartenant à AREVA NC (restrictions des usages du sol).

Un premier niveau de réaménagement a été effectué en 1982 (recouvrement des résidus). Des travaux complémentaires ont été effectués en 1984-85, puis en **2002** (démolition des anciens vestiges de l'exploitation, décapage des zones à radioactivité résiduelle significative, etc...).

Suite à la diffusion sur France 3 en **février 2009** du documentaire « uranium la France contaminée » dans lequel la CRIIRAD rendait compte des nombreux dysfonctionnements observés depuis plus de 15 ans par son laboratoire autour des anciens sites d'extraction d'uranium français, le Ministre de l'Ecologie et l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) ont publié une circulaire conjointe le **22 juillet 2009**.

Ce texte demande à AREVA d'engager sur ses différents sites miniers uranifères des actions selon 4 thèmes :

1. Renforcement de la sécurité et des contrôles des sites.
2. Amélioration de la connaissance des impacts environnementaux et sanitaires des sites et de leur surveillance.
3. Gestion des stériles miniers.
4. Amélioration de l'information et de la concertation des populations sur le sujet.

S'agissant du point 1, AREVA a installé en 2010 une **clôture** rigide de 2 m de hauteur autour du stockage de résidus de traitement de Rophin. S'agissant du point 2, un arrêté préfectoral en date du **13 avril 2010** a prescrit à AREVA la réalisation d'un **bilan environnemental** sur les 15 sites du Puy de Dôme ayant fait l'objet de travaux miniers d'uranium.

#### Déroulement de la mission CRIIRAD sur place

Les contrôles ont été effectués dans l'après-midi du **30 avril 2010** par monsieur Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD. Les mesures ont été effectuées en présence de monsieur Marcel Breugnot et de Mme Arlette Maussan, présidente de l'association « Collectif des Bois Noirs ». La CRIIRAD a pu bénéficier de la bonne connaissance du site par M. Breugnot qui a grandement facilité le repérage des lieux, chemins et ruisseaux.

Lors de cette mission, des travaux de pose de clôtures étaient en cours. Selon AREVA ils ont été achevés en **juillet 2010**.

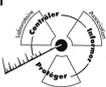
La CRIIRAD a réalisé des mesures du **taux de radiation** (flux de photons gamma) à 1 mètre du sol et au contact du sol, à l'intérieur du site et dans son environnement proche. Ces mesures ont été effectuées au moyen d'un scintillomètre DG5. Les résultats exprimés en coups par seconde (c/s) sont reportés dans le tableau **T1** (page 6) qui comporte un certain nombre de relevés GPS et une description des zones où ont été effectuées les mesures.

La CRIIRAD a effectué également 3 prélèvements à fin d'analyses radiologiques :

- à l'intérieur du site : de **l'eau du rejet** d'un travers-banc ainsi que les **sédiments** du chenal soumis à ce rejet. Les eaux rejetées dans l'environnement ne font l'objet d'aucun traitement visant à abaisser leur degré de contamination.
- à l'extérieur du site : des **matières actives au niveau du chemin** qui longe le ruisseau du Gourgeat en aval immédiat du site AREVA.

Selon AREVA « *un ruisseau s'écoule à 150 m à l'Ouest du site, se jette dans un premier ruisseau qui se jette dans le ruisseau le Terrasson, puis dans le ruisseau de Vauziron* ».

Comme indiqué en **Annexe 1**, le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour un certain nombre d'analyses radiologiques.



### Limitation de l'étude

Cette étude constitue un état des lieux très préliminaire compte tenu du peu de temps<sup>2</sup> passé sur site eu égard à sa dimension.

Pour un site de plusieurs hectares, la simple lecture du terrain (repérage des verses à stériles, des limites du site, des chemins d'accès, des écoulements diffus) requiert de nombreuses heures.

On conçoit que la réalisation de mesures radiométriques représentatives et la sélection des stations d'échantillonnages peut requérir, pour un seul site, plusieurs journées sur le terrain.

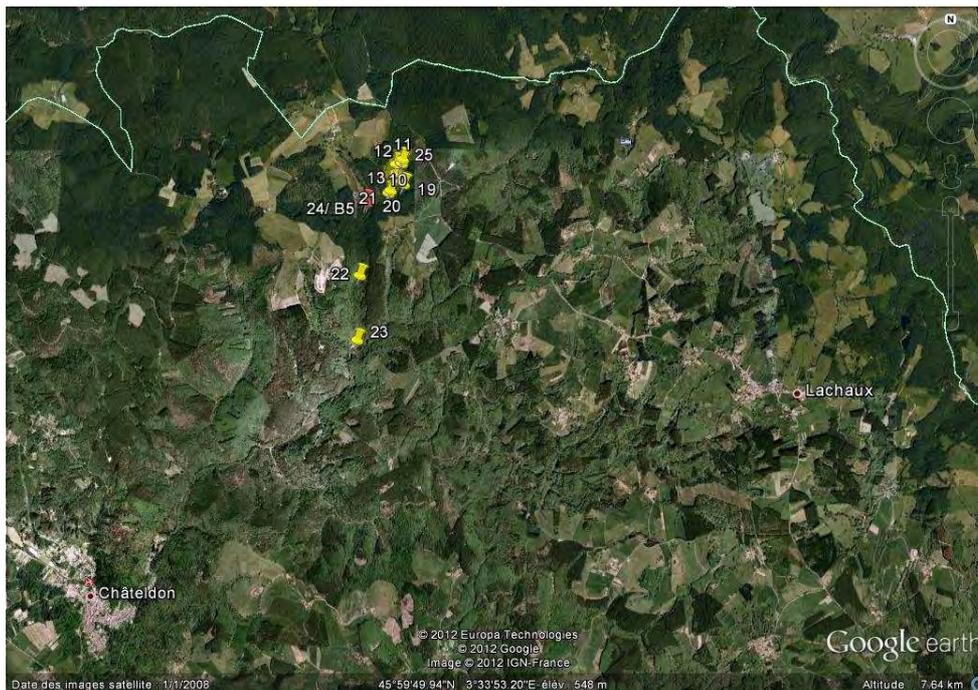
Cette limitation méthodologique doit être gardée à l'esprit. Les contrôles effectués par la CRIIRAD le 30 avril 2010 sont très ponctuels et ne peuvent être considérés que comme des « sondages » préliminaires.

### Présentation des mesures CRIIRAD

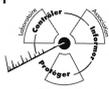
La mission CRIIRAD sur le site de Rophin a été effectuée avant la publication du bilan environnemental effectué par AREVA et daté d'octobre 2010 [AREVA 1]. Un exemplaire de ce document a été adressé à la CRIIRAD par monsieur Breugnot en fin d'année 2011.

Les résultats obtenus par la CRIIRAD pourront être comparés aux données publiées par AREVA.

Carte C1 / localisation de points où la CRIIRAD a effectué des mesures radiométriques



<sup>2</sup> Six heures de 14 H à 20 H comportant un aller retour à pied depuis le site AREVA jusqu'à la digue de l'ancienne réserve d'eau située dans le ruisseau à environ 1,6 km en aval et qui permettait d'alimenter la laverie d'uranium de Rophin.



Photographies de la laverie de ROPHIN (source : [AREVA 1], page 42)



**Vue générale de la laverie mécanique de Rophin  
en 1953** (photo CEA)



**Vue de la laverie chimique de Rophin  
en août 1950** (fond Orcel, MNHN)

## 2 / Résultats des mesures radiométriques CRIIRAD

### Remarques sur le niveau habituel de radiation ambiant

Dans l'environnement naturel, hors contamination anthropique, les flux de rayonnements gamma mesurés avec le scintillomètre DG5, à 1 mètre du sol, sur terrain découvert varient habituellement entre **30 et 300 c/s** en fonction de la teneur des sols en radionucléides naturels des chaînes de l'uranium 238, du thorium 232 et en potassium 40 (retour d'expérience de la CRIIRAD dans le cadre de mesures effectuées en France).

Lorsque les concentrations de ces éléments radioactifs dans le sol sont comparables aux valeurs moyennes de l'écorce terrestre, on mesure généralement entre **50 et 100 c/s**.

### Remarques sur la méthodologie de mesure

En extérieur, sur terrain plat, lorsque la teneur en éléments radioactifs naturels du sol est homogène sur plusieurs dizaines de mètres carrés et à des niveaux classiques, on observe généralement que les taux de radiation gamma au contact du sol et à 1 mètre au dessus du sol sont à peu près comparables. Le taux de radiation gamma au contact du sol est souvent égal à celui mesuré à 1 mètre ou ne lui est supérieur que de 10 à 20 %.

En revanche, si des matières anormalement radioactives sont présentes au niveau du sol ou à quelques centimètres sous la surface, on peut observer des taux de radiation au contact du sol nettement supérieurs à ceux enregistrés à 1 mètre. C'est le cas autour d'anciens sites miniers uranifères du fait de la présence de remblais radioactifs, stériles, déchets solides, boues et sédiments contaminés par des écoulements de matières radioactives, etc..

Les relevés radiométriques peuvent alors être réalisés selon deux approches :

- En effectuant des mesures avec l'appareil porté à **1 mètre du sol**. On enregistre alors le taux de radiation moyen tel que subi par un individu debout qui se trouve sur le terrain contrôlé. Ce type de mesure peut alors être utilisé pour calculer une exposition par irradiation externe. Mais cette méthode est moins efficace pour repérer des contaminations du sol de faible intensité ou de faible surface.
- En effectuant des mesures avec l'appareil porté au **contact du sol** ou à moins de 5 cm au dessus du sol afin d'être en capacité de détecter plus efficacement la présence de matières radioactives.

Lorsqu'il s'agit d'effectuer une expertise sur un site susceptible d'être pollué, le laboratoire de la CRIIRAD effectue en général des mesures au contact car elles sont beaucoup plus sensibles.

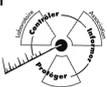
Dans le cas de la présente « visite », par manque de temps, il était plus efficace de faire des mesures à 1 mètre en continu lors des déplacements, puis de réaliser des mesures au contact, de façon plus ponctuelle en cas d'élévation anormale du taux de radiation à 1 mètre. Ainsi, sur chaque zone parcourue, le risque de ne pas avoir détecté des contaminations du sol est élevé mais plus de zones diverses ont pu être « explorées » ce qui permet d'avoir une vision d'ensemble.

Les mesures du taux de radiation gamma effectuées par la CRIIRAD le 30 avril 2010 sur le site de Rophin et dans son environnement proche sont reportées dans le tableau T1 page suivante. Les points qui ont pu être repérés au GPS (RGF 93) figurent sur les cartes C2 page 7 et C3 page 8.

### Mesures CRIIRAD à 1 mètre du sol

En ce qui concerne les relevés effectués à 1 mètre au dessus du sol, le niveau naturel peut être estimé entre 130 c/s et 250 c/s. Nous retiendrons une valeur intermédiaire de **200 c/s**.

Des valeurs nettement plus importantes sont relevées en de nombreux secteurs (couleur jaune dans la colonne « 1 m du sol » du tableau T1).



T1 / Mesures du niveau de radiation gamma sur le site de Rophin et ses environs (CRIIRAD)

Numéro	Latitude (GPS)	Longitude (GPS)	Observations	Flux de photons (Scintillomètre DG5)	
				A 1 m du sol	Au contact du sol

**Chemin / secteur en contrebas ancien réservoir, au dessus laverie**

9	N 46,01076	E 3,55325	Chemin en contrebas ancien réservoir	Du point 9 au point 10 sur 30 mètres : 340 c/s à 1 000 c/s et secteurs à + de 1 000 c/s sur quelques mètres	Point chaud <b>3 200 c/s</b> bord chemin
10	N 46,01055	E 3,55340	Chemin entre réservoir et laverie, secteur remblayé	240 c/s à 400 c/s	
12	N 46,01091	E 3,55413	chemin entre points 10 et 12	360 c/s à 1 000 c/s	1 000 c/s à <b>1 700 c/s</b> sur boue rougeâtre
			Chemin en amont du point N°12	250 à 300 c/s sur 10 m	
			Carrefour chemins (terre battue)	220-230 c/s	260-280 c/s
			Terre cultivée	150 c/s	170 c/s

**secteur ancienne laverie (intérieur zone barbelé)**

11	N 46,01063	E 3,55400	ancienne laverie	600 c/s	<b>1 000 c/s</b> (argile rougeâtre)
25	N 46,01063	E 3,55398	Secteur laverie, le long des barbelés	400 c/s à 1 000 c/s sur 30 mètres	supérieur à 500 c/s sur 20 mètres, point chaud à 2 000 c/s et <b>3 100 c/s</b>

**Proximité ICPE (entreposage résidus)**

13	N 46,00993	E 3,55342	Pied ICPE	480 c/s	
			Piste remaniée (terre) / pied ICPE	200 c/s sur qq mètres	200 c/s
14	N 46,00980	E 3,55321			
15	N 46,00981	E 3,55251	Chemin forestier	200 c/s	
			Sous bois	130-150 c/s	130-150 c/s
16	N 46,00955	E 3,55207			
17	N 46,00973	E 3,55241	Sous-bois (point chaud) Zone humide pied ICPE proche panneau AREVA	<b>3 000 c/s</b> 200-400 c/s	<b>8 000 c/s</b> (12 µSv/h)

**Rejets travers banc (PVC)**

<b>Prélèvement eau de rejet (B2) et sédiment (B3)</b>		Chenal aval travers banc (rejet PVC), intérieur chenal	1 000 c/s	1 000 c/s à <b>1 600 c/s</b> contact fond chenal (eau)
		Chenal aval travers banc (rejet PVC), berge rive droite	1 000 c/s	800 c/s à <b>3 000 c/s</b>

**Intérieur site AREVA / clôture en cours installation**

18	N 46,00923	E 3,55380	Dosimètre ALGADE	300 c/s sur 4 côtés mais 800 c/s à 20 m	<b>1 400 c/s</b> à 20 m
19	N 46,00905	E 3,55421	Intérieur site AREVA	300 c/s	
20	N 46,00860	E 3,55278	Bordure clôture (boue rouge)	270-330 c/s sauf secteur 750 c/s	1 000 à <b>1 300 c/s</b> (boue rouge)

**Zone humide et ruisseau aval proche rejets liquides**

			Marais aval écoulements		200-300 c/s avec secteurs à 800 c/s
21	N 46,00842	E 3,55255	Drains		
24	N 46,00765	E 3,55013	chemin le long rû Le Gourgeat (rive gauche), à 8 mètres du rû	1 000 c/s sur plus de 10 mètres, max 1 200 c/s	<b>2 000 c/s, 3 700 c/s</b> sous quelques centimètres / <b>échantillon B5</b> (argiles orange-rouge-jaune)

**chemin accès ancienne réserve d'eau et ruisseau aval lointain**

22	N 46,00222	E 3,54939	chemin le long rû Le Gourgeat (rive gauche), hors influence ruisseau	150-250 c/s sauf secteur 1 000 c/s	<b>6 600 c/s</b> sur matières jaunes dures dans un renforcement / secteur hors d'atteinte des débordements
			Zone de forte sédimentation aval confluence Gourgeat et Terrasson : dépôt épais de boues (noire, jaune, grise)		200 à 600 c/s (fond tranchée)
23	N 45,99732	E 3,54902	Digue sur rû Le Terrason en aval confluence rû Le Gourgeat à plus de 1 km en aval du site AREVA	250 c/s	



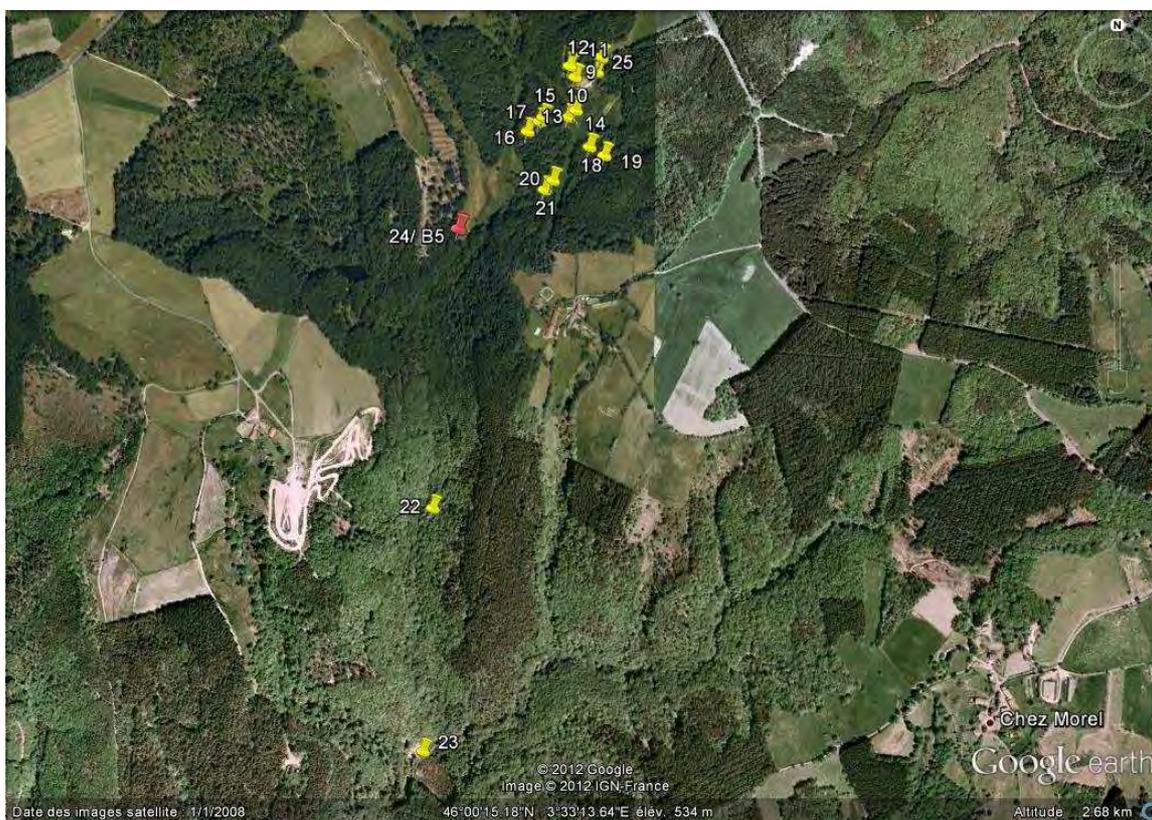
On s'approche de **1 000 c/s** (soit 5 fois le niveau naturel moyen) et on dépasse parfois cette valeur :

- sur certaines portions du chemin en contrebas de l'ancien réservoir et du carreau minier au nord du site (entre points N°9 et N°10),
- dans un sous-bois (point N°17 où l'on atteint 3 000 c/s),
- au niveau du chenal qui reçoit les eaux contaminées du travers banc,
- sur un chemin qui longe le ruisseau le Gourgeat en aval du site (point N°24 – en rouge sur les cartes C2 et C3), etc...

Plusieurs de ces secteurs sont accessibles au public puisque situés en dehors de la zone comprise à l'intérieur de la clôture en cours d'installation.

C'est le cas par exemple des points N°9, N°10, N°17 et du point N°24 sur le chemin contaminé qui longe le ruisseau.

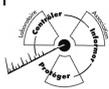
Carte C2 / Localisation des points N°22 et N°23 (parcours en direction de l'ancienne réserve d'eau, partie inférieure de la carte).



### Mesures CRIIRAD au contact du sol

Afin de comprendre l'origine des anomalies radiométriques relevées à 1 m du sol, il est nécessaire d'effectuer des mesures complémentaires au contact du sol, dans plusieurs directions de l'espace afin d'évaluer la variabilité spatiale du phénomène.

Par exemple si, sur un chemin ou une piste remblayée, on mesure un taux de radiation **5 fois supérieur** à celui enregistré sur les terrains qui bordent le chemin, il apparaît que ce sont les remblais qui sont radioactifs, etc.. Dans certains cas cependant le diagnostic n'est pas si simple et seuls des prélèvements d'échantillons avec analyses en laboratoire permettent d'explicitier l'origine des anomalies.



Nous avons reporté dans le tableau T2 page 9, les stations où ont été effectuées des mesures de flux de rayonnement gamma à 1 mètre et au contact et, dans la dernière colonne, le ratio « contact / 1 m », avec un code couleur distinguant les valeurs inférieures à 1,3 (vert), comprises entre 1,3 et 2,5 (jaune pâle), supérieures à 2,5 (jaune foncé).

Carte C3 / Localisation des points situés sur le site ou son environnement très proche



On observe que pour les 4 stations « Amont point N°12 », « Proche N°12 », « Piste remaniée », « Sous-bois », pour lesquelles les taux de radiation sont compatibles avec une situation naturelle (150 à 230 c/s à 1 mètre du sol), le ratio « contact sol / 1 mètre » est de 1 à 1,22. Dans ces 4 cas, on n'observe pas d'augmentation « anormale » du taux de radiation en approchant le radiamètre du sol. Les observations visuelles n'indiquent pas non plus de situation anormale.

Pour tous les autres exemples, le ratio « contact sol / 1 mètre » est compris entre **1,6 et 6,6** ce qui indique la présence de matières radioactives au niveau du sol.

Lors de la visite de site, nous n'avons pas eu assez de temps pour examiner chaque anomalie radiamétrique. Cela nécessite en effet de réaliser un grattage avec spatule et parfois un mini-sondage stratifié. Nous proposons ci-dessous des éléments d'interprétation pour quelques points seulement. Ces interprétations devront être vérifiées par la réalisation d'expertises plus approfondies.

#### **Anomalies clairement liées aux activités industrielles : secteur nord**

Pour le point N°25 en partie supérieure du terrain de l'ancienne laverie, mais sur la partie accessible au public, le taux de radiation est de 2 000 c/s au contact du sol, un grattage sommaire a montré que le taux de radiation augmentait fortement (3 100 c/s). On observe des **matières de couleur ocre-rougeâtre** mêlées au sol. Cette situation est observée également sur la partie barbelée du terrain (point N°11) et sur le chemin accessible au public par exemple au point N°12. La présence de ces matières radioactives, manifestation d'origine anthropique conduit à une exposition externe sur ce chemin qui est non négligeable (1 000 c/s à 1 mètre du sol par endroits, soit plus de 5 fois le niveau naturel moyen).

T2 / Mesures du niveau de radiation gamma sur le site de Rophin et ses environs (CRIIRAD)  
/ Points spécifiques

Numéro	Observations	Flux de photons (Scintillomètre DG5) en c/s		Ratio Contact sol* / 1 m
		A 1 m du sol	Au contact du sol	

**Chemin / secteur en contrebas ancien réservoir, au dessus laverie**

Entre N°9 et N°10	Chemin en contrebas ancien réservoir (point chaud)	1 200	3 200	2,67
12	Chemin (exemple de point chaud : matières ocre au sol)	1 000	1 700	1,70
Amont point N°12	Carrefour chemins (terre battue)	230	280	1,22
Proche N°12	Terre cultivée	150	170	1,13

**secteur ancienne laverie (intérieur zone barbelé)**

11	ancienne laverie (argile rougeâtre au sol)	600	1 000	1,67
25	Secteur laverie , le long des barbelés (exemple de point chaud)	1 000	2000 (et 3 100 après grattage)	2,00

**Proximité ICPE (entreposage résidus)**

	Piste remaniée (terre) / pied ICPE	200	200	1,00
	Sous bois	150	150	1,00
17	Sous-bois (point chaud)	3 000	8 000	2,67

**Rejets travers banc (PVC)**

Prélèvement eau de rejet (B2) et sédiment (B3)	Chenal aval travers banc (rejet PVC), intérieur chenal avec eau	1 000	1 600	1,60
	Chenal aval travers banc (rejet PVC), berge rive droite à sec	1 000	3 000	3,00

**Intérieur site AREVA / clôture en cours installation**

Proche N°18	A 20 mètres du Dosimètre ALGADE	800	1 400	1,75
Proche N°20	Bordure clôture (boues rouges dans talus en contrebas)	750	1 300	1,73

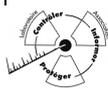
**Zone humide et ruisseau aval proche rejets liquides**

N°24 (prélèvement sol B5)	chemin le long rû Le Gourgeat (rive gauche), à 8 mètres du rû : dépôt de matières fines (jaune-orange-rougeâtre)	1 200	2000 (et 3 700 sous quelques centimètres)	1,67
---------------------------	--	-------	---	------

**Chemin accès ancienne réserve d'eau et ruisseau aval lointain**

22	chemin le long rû Le Gourgeat (rive gauche), hors influence ruisseau, matières jaunes dures dans un renforcement, hors d'atteinte débordements	1 000	6 600	6,60
----	--	-------	-------	------

\* : le ratio est calculé avec la mesure au contact du sol avant grattage ou échantillonnage



Vue du chemin depuis le point N°11 (secteur laverie , matière rougeâtre au sol : 1 000 c/s) /  
Photo de droite : matières actives rougeâtres sur le chemin, au point N°25 : 3 100 c/s)



Point N°25 en bordure du chemin côté accessible au public (matière rougeâtre 3 100 c/s après grattage sur quelques centimètres)



#### **Anomalies clairement liées aux activités industrielles : secteur sud**

Des boues rougeâtres, en grande quantité, ont été observées en limite sud du terrain AREVA (proche du point N°20 sur la carte C3 page 8) . Elles sont présentes sur des dizaines de mètres le long du **talus en contrebas de la piste** fraîchement remaniée pour la pose de la clôture (cf photographies pages suivantes). Une partie de ces boues est recouverte de terre, mais sur les portions non recouvertes, le taux de radiation augmente (par exemple 1 300 c/s).

Il est nécessaire que les autorités interrogent AREVA sur l'origine de telles quantités de matières radioactives présentes à l'air libre et repoussées en bas de talus lors de l'élargissement récent de la piste.

Clôture en cours d'installation / boues radioactives dans le talus en contrebas de la clôture au sud du site (1 300 c/s)



### Anomalies clairement liées aux activités industrielles : secteur sud-ouest

En suivant cette piste en direction du sud-ouest on rejoint la zone humide où semblent aboutir les écoulements en provenance du site AREVA. Ces écoulements rejoignent là le ruisseau le Gourgeat.

Le chemin (sentier) qui longe ce ruisseau en rive gauche présente des taux de radiation élevés. L'enlèvement de la couche superficielle du sol (feuilles mortes, végétaux) fait apparaître des matériaux radioactifs fins de couleur jaune-orange-rougeâtre selon les couches (cf photographies ci-dessous). Le taux de radiation passe de 2 000 c/s au contact du sol à **3 700 c/s** après avoir dégagé les premiers centimètres. Un échantillon de ces matières (B5) a été ramené au laboratoire pour analyse.

Point GPS N°24 / échantillon B5 / chemin le long du Gourgeat en aval du site AREVA (B Chareyron CRIIRAD et M Breugnot Puy-de-Dôme Nature Environnement)



### Anomalies clairement liées aux activités industrielles : secteur sud-ouest

A l'intérieur du site, dans le chenal au niveau des écoulements en provenance des travers bancs (cf photographie ci-dessous), le taux de radiation au contact du fond du fossé, à 1 cm au dessus des eaux, atteint **1 600 c/s**.

Cette radioactivité provient à la fois des dépôts de métaux lourds radioactifs accumulés dans les plantes aquatiques et sédiments fins (voir page 16 les résultats d'analyse des sédiments B3 prélevés au pied du PVC), des émissions gamma des descendants du radon 222 présent dans le rejet (voir page 14 les résultats d'analyse des eaux prélevées dans l'écoulement du PVC), et du rayonnement diffus émis par les berges du chenal.

On mesure en effet 3 000 c/s sur la berge en rive droite. Par manque de temps, il n'a pas été possible d'étudier plus finement la berge pour déterminer s'il peut s'agir d'un morceau de roche uranifère, de résidus, de matériaux contaminés issus du curage du chenal, etc..

PVC par lequel s'écoulent les eaux du site minier (prélèvements d'eau B2 et sédiments B3)



### Anomalies dont l'origine est à déterminer

Dans les exemples détaillés ci-dessus, l'origine anthropique des contaminations et des taux de radiation élevés ne fait pas de doute compte tenu de l'aspect des matériaux à l'origine de ces radiations ou du contexte (sédiments en aval de rejets liquides contaminés par exemple).

Dans d'autres cas, il est plus difficile de conclure car il pourrait s'agir de morceaux de roches uranifères non traitées et il n'est pas toujours aisé de déterminer si ces roches sont là naturellement où proviennent des extractions minières.

C'est le cas du point N°17 en sous-bois et du point N°22 sur un chemin qui surplombe le ruisseau Le Gourgeat en rive gauche (cf photographies ci-dessous).

Anomalies radiométriques aux points N°17 et N°22 (sur la photo : M Breugnot et Mme Maussan)



Pour le point N°17, le taux de radiation au contact du sol est de **8 000 c/s**, la présence de bois coupé n'a pas permis d'examiner précisément le sol (cf photographie page précédente).

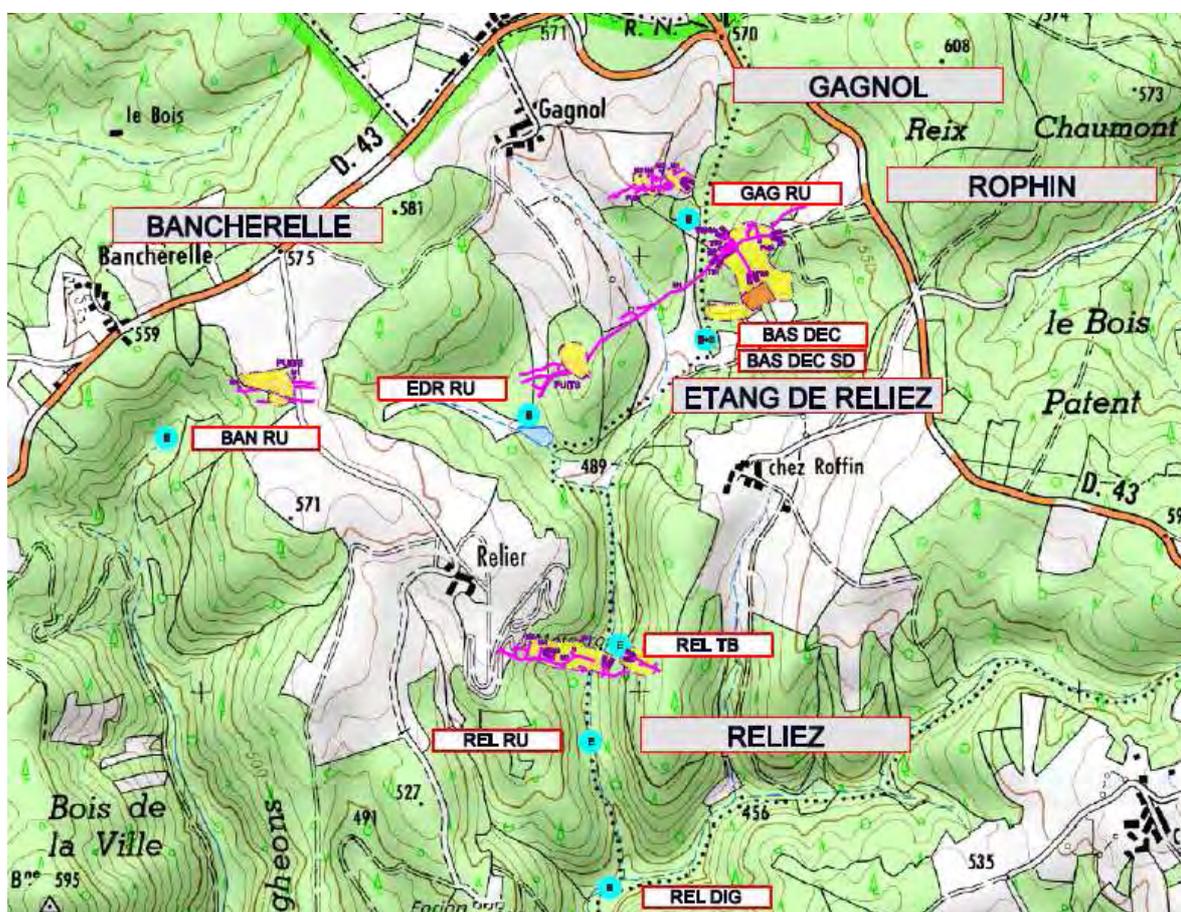
Pour le point N°22, le taux de radiation au contact du sol est de **6 600 c/s**.

L'anomalie ne provient pas d'écoulements car le chemin est topographiquement nettement au dessus du fond du vallon où coule le ruisseau Le Gourgeat. On note par contre au sol une coloration jaune sur un matériau dur qui ne peut être prélevé à la spatule.

L'anomalie est constatée au niveau d'un renforcement qui pourrait provenir de creusements effectués pour rechercher les minéralisations affleurantes.

L'examen des cartes de localisation de la mine de Reliez (carte C4 ci-dessous) située en rive droite et gauche du ruisseau au niveau du point N°22 suggère que l'anomalie détectée par la CRIIRAD est bien liée à l'activité minière.

Carte C4 / Localisation des mines d'uranium de Bancherelle, Gagnol, Rophin, Etang de Reliez, Reliez (carte AREVA).



### 3 / Résultats des analyses radiologiques sur les eaux du rejet

Un seul échantillon d'eau a été prélevé, il s'agit de l'**eau du rejet** s'écoulant d'un PVC. Il s'agit a priori du rejet d'un travers-banc (cf photographies page 12).

#### Paramètres mesurés

S'agissant du contrôle des rejets d'un site minier uranifère, le laboratoire de la CRIIRAD recommande de réaliser les contrôles suivants :

- Pour le contrôle radiologique d'eaux issues de secteur miniers uranifères, la CRIIRAD ajoute systématiquement la mesure du radon 222 dissous aux paramètres classiques (uranium 238, radium 226, plomb 210). En effet, bien que ce contrôle ne soit pas imposé par la réglementation actuelle, les études réalisées antérieurement par le laboratoire de la CRIIRAD ont permis de constater dans de nombreux cas, que ce gaz dissous peut conduire à un impact dosimétrique important, parfois supérieur à celui lié à tous les autres métaux lourds radioactifs présents dans l'eau.
- une caractérisation chimique élargie aux **principaux anions et cations** et à une **quarantaine de métaux lourds**. Il est en effet important de déterminer, si, outre les radionucléides associés au minerai d'uranium, d'autres substances chimiques endogènes (liées au minerai) ou exogènes (produits chimiques utilisés pour la lixiviation, le traitement des eaux d'exhaure, etc...) présentent des concentrations significatives.

Dans le cadre de cette étude, du fait des contraintes budgétaires, la CRIIRAD n'a pas pu effectuer une recherche de tous ces paramètres mais de 2 seulement : l'uranium 238 (indispensable dans le cas d'effluents uranifères) et le radon 222 dissous car il n'est généralement pas recherché par AREVA.

Les conditions de traitement et d'analyse des échantillons d'eau sont indiquées en [Annexe 2](#).

#### Uranium 238

La concentration en uranium 238 mesurée sur échantillon brut est de **198 µg/l**.

Ce résultat est très proche de celui fourni par AREVA qui indique pour l'année 2009 une moyenne de 200 µg/l en uranium 238 soluble (soit 2,46 Bq/l) pour les eaux d'un « fossé qui collecte les eaux d'exhaure du travers-bancs et les eaux drainées du stockage de résidus de traitement (prélèvement ROF PT5) » ([AREVA 1, page 87]).

Le schéma des points de collecte des eaux pour la surveillance radiologique est reproduit page suivante. Il est raisonnable de penser que l'échantillon collecté par la CRIIRAD correspond au secteur ROF PT5.

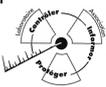
#### Radon 222

La concentration en radon 222 dissous dans l'eau en sortie du travers banc est<sup>3</sup> de **1 460 Bq/l** (+/- 185 Bq/l).

La réglementation française n'impose pas la mesure du radon 222 dans les eaux ce qui constitue une grave lacune des plans de surveillance environnementale et sanitaire, et en particulier lorsqu'il s'agit de déterminer l'impact des mines d'uranium. La CRIIRAD a déjà interpellé les autorités sur ce point dans le cadre d'études antérieures.

En effet, les eaux qui s'écoulent au contact de matériaux riches en uranium 238 et en radium 226 sont susceptibles de se charger en radon 222, gaz radioactif produit par la désintégration du radium 226.

<sup>3</sup> Comptage N°C 25167 du 3/5/10 à 12H10 (1 800 secondes) sur 558 g de liquide en géométrie Marinelli. Activité ramenée à la date de prélèvement soit le 30/4/2010 à 15H



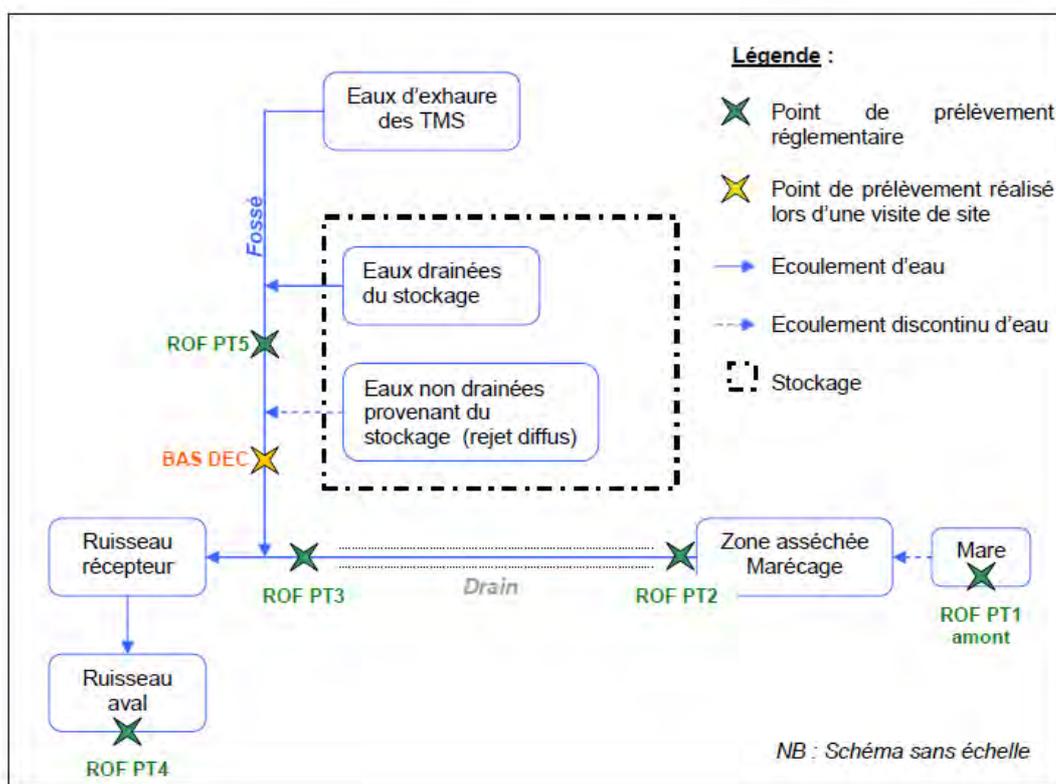
Le bilan environnemental publié par AREVA en 2010 ne mentionne aucun contrôle de radon 222 dissous dans les eaux de ce rejet. Seuls sont indiqués des résultats pour l'uranium 238 et le radium 226 avec une moyenne pour l'année 2009 de 2,46 Bq/l pour l'uranium 238 et 1,66 Bq/l pour le radium 226.

Sur la base de la mesure effectuée par la CRIIRAD, on constate que l'activité du radon 222 dans le rejet (1 460 Bq/l) est plus de 800 fois supérieure à celle du radium 226.

Le radon 222 a une période physique relativement courte (3,8 jours) et va se désintégrer au fil de l'eau en donnant naissance à des radionucléides qui présentent pour certains d'entre eux, une période physique beaucoup plus longue. C'est le cas du plomb 210 ( $T_{1/2} = 22,3$  ans) et de l'un de ses descendants, le polonium 210 ( $T_{1/2} = 138,5$  jours). Ces éléments, parmi les plus radiotoxiques par ingestion, vont pouvoir s'accumuler, plus en aval, dans les sédiments, la flore et la faune aquatique.

Par ailleurs, le dégazage d'une partie du radon 222 dans l'air ambiant au niveau du point de rejet, ou plus en aval, lorsque l'eau est soumise à des turbulences, va contribuer à l'exposition interne du public par inhalation.

Schéma du contrôle des eaux du site de Rophin ([AREVA 1, page 87])



## 4 / Résultats des analyses radiologiques sur sédiments et sol

Les conditions de traitement et d'analyse des échantillons de sédiments et sol sont indiquées en [Annexe 3](#). Les rapports d'essai détaillés (analyses par spectrométrie gamma) avec mention des marges d'incertitude et limites de détection sont reproduits en [Annexe 4](#).

Les principaux résultats concernant l'uranium 238 et ses descendants, ainsi que d'autres radionucléides naturels sont reportés dans le tableau T3 ci-dessous.

**Tableau T3 / Analyses radiologiques sur sédiments et sols / Laboratoire CRIIRAD**

Code	B3	B5
Type	Sédiment au point de rejet	Sol contaminé
<b>Commentaire</b>	Sédiment fin dans le chenal au pied de l'écoulement (PVC)	Bord du chemin qui longe le ruisseau le Gourgeat, secteur contaminé par des fines argileuses de couleur orange-jaune-rouge
<b>Flux gamma DG5 Contact sur le terrain (c/s)</b>	1 600 c/s	3 700 c/s
<b>Coordonnées GPS</b>	Non mesurable	GPS N°24
<b>N° Enregistrement au laboratoire</b>	030510 B3	030510 B5
<b>Flux gamma SPP2 au laboratoire (c/s)</b>	230	430
<b>Uranium 238 (thorium 234) (Bq/kg sec)</b>	22 300 +/- 2 700	12 000 +/- 1 500
<b>Thorium 230 (Bq/kg sec)</b>	7 900 +/- 2 800	21 800 +/- 4 600
<b>Radium 226 (Bq/kg sec)</b>	23 800 +/- 2 500	15 500 +/- 1 600
<b>Plomb 210 (Bq/kg sec)</b>	11 000 +/- 1 300	14 300 +/- 1 600
<b>Uranium 235 (Bq/kg sec)</b>	1 150 +/- 300	640 +/- 190
<b>Actinium 228 (Bq/kg sec)</b>	390 +/- 90	71 +/- 34
<b>Potassium 40 (Bq/kg sec)</b>	1 700 +/- 320	1 130 +/- 210
<b>Ratio U 238 / U 235 (calculé)</b>	19,4	18,8
<b>Activité massique totale chaîne U 238 (Bq/kg sec)</b>	272 900	205 700

Les teneurs en **potassium 40** des sédiments et du sol sont proches (1 700 Bq/kg et 1 130 Bq/kg) et classiques pour des sols en milieu granitique.

Pour le sédiment contaminé, les teneurs en radionucléides de la chaîne du **thorium 232** sont relativement élevées (actinium 228 = 390 Bq/kg) par rapport à l'activité moyenne du thorium 232 et de ses descendants dans l'écorce terrestre (40 Bq/kg). Ceci suggère que pour avoir une vision complète de l'impact des rejets liquides, il faudrait vérifier la concentration en éléments de la famille du thorium 232 dans le rejet.

Mais, pour les 2 échantillons, les contaminations les plus importantes concernent évidemment l'uranium 238 et ses descendants, ainsi que l'uranium 235 et ses descendants (voir résultats détaillés en Annexe 4). Compte tenu des marges d'incertitude, le ratio U 238 / U 235 est dans la fourchette attendue (autour de 21) pour de l'uranium d'origine naturelle, c'est-à-dire ni enrichi, ni appauvri.

L'activité de l'**uranium 238** (déterminée à partir de celle de son premier descendant le thorium 234) est de **12 000 Bq/kg** dans le sol contaminé, et de **22 300 Bq/kg** dans les sédiments contaminés. L'activité du radium 226 est du même niveau.

En ce qui concerne certains descendants de l'uranium 238 (thorium 230, plomb 210) on note des déséquilibres par rapport à l'activité de uranium 238 en particulier pour les sédiments (déficit de thorium 230 et plomb 210).



Ceci est probablement lié au fait que ces éléments, moins solubles que l'uranium et le radium, se trouvent en moindre quantité dans les eaux de rejet.

Dans le sol contaminé, l'activité du thorium 230 semble nettement supérieure à celle des autres radionucléides de la chaîne de l'uranium 238, mais le résultat est entaché d'une marge d'incertitude élevée qui rend difficile une conclusion définitive.

## 5 / Conclusions et synthèse

### Contexte

Suite à la diffusion sur France 3 en **février 2009** du documentaire « uranium la France contaminée » dans lequel la CRIIRAD rendait compte des contaminations et des nombreux dysfonctionnements observés depuis plus de 15 ans par son laboratoire autour des anciens sites d'extraction d'uranium français, le Ministre de l'Ecologie et l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) ont produit une circulaire conjointe le **22 juillet 2009**.

Ce texte demande à AREVA d'engager des actions, sur ses différents sites miniers uranifères en France, selon 4 thèmes :

1. Renforcement de la sécurité et des contrôles des sites,
2. Amélioration de la connaissance des impacts environnementaux et sanitaires des sites et de leur surveillance,
3. Gestion des stériles miniers
4. Amélioration de l'information et de la concertation des populations sur le sujet.

L'association **Puy de Dôme Nature Environnement**, en la personne de son président monsieur Marcel Breugnot, a demandé au laboratoire de la **CRIIRAD** d'effectuer des contrôles radiométriques sur l'ancien **site minier uranifère de Rophin** situé sur les communes de **Lachaux et Ris** dans le **Puy de Dôme**.

Monsieur Breugnot oeuvre depuis plus de 15 ans pour que l'impact radiologique des anciennes mines du Puy de Dôme soit correctement évalué et que les situations les plus significatives soient traitées.

Afin de déterminer si des progrès pouvaient être enregistrés sur le terrain, la **CRIIRAD** a donc effectué une mission exploratoire sur le site de Rophin, dans l'après-midi du **30 avril 2010**.

Ce travail a été financé par l'association CRIIRAD sur les fonds propres de l'association et par le **Conseil Général du Puy-de-Dôme** au travers d'une subvention de fonctionnement attribuée à la CRIIRAD.

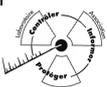
Cette mission, bien que très préliminaire, permet de formuler un certain nombre d'observations critiques par rapport à la manière dont AREVA met en œuvre, sur le site de Rophin, le plan d'action de la circulaire de 2009.

### Renforcement de la sécurité et des contrôles

S'agissant du point 1 « Renforcement de la sécurité et des contrôles des sites », AREVA a effectivement installé en 2010 une **clôture** rigide de 2 m de hauteur autour du stockage de résidus de traitement de Rophin. Cette clôture n'englobe cependant pas l'ensemble des zones contaminées et irradiantes.

Le sentier qui longe le ruisseau le Gourgeat, le chemin situé en partie haute de l'ancienne laverie - deux secteurs contaminés par les activités d'extraction de l'uranium - sont ainsi situés en dehors du périmètre clos.

Pour ce qui concerne le sentier en bordure du ruisseau, la contamination est probablement liée à des écoulements anciens qui ont déposé une épaisse couche de matières fines sur une surface conséquente. Le niveau de radioactivité de ces dépôts (plus de 200 000 Bq/kg



rien que pour l'uranium 238 et ses descendants) correspond à la catégorie des déchets TFA à vie longue. Ces matières doivent être récupérées et entreposées sur un site dédié.

### **Amélioration de la connaissance des impacts environnementaux et sanitaires**

S'agissant du point 2, un arrêté préfectoral en date du **13 avril 2010** a prescrit à AREVA la réalisation d'un **bilan environnemental** sur les 15 sites du Puy de Dôme ayant fait l'objet de travaux miniers d'uranium.

Ce bilan souffre de graves lacunes sur le plan méthodologique ce qui conduit à minimiser, voire à masquer, les impacts radiologiques du site. Ceci concerne aussi bien les impacts sur le vecteur air que sur le vecteur eau.

La surveillance de l'impact des **rejets liquides** est en effet très insuffisante. Le suivi ne comporte pas de mesure des polluants chimiques et fait l'impasse sur un certain nombre de radionucléides (pas de mesure de l'activité du radon 222 dissous, ni du plomb 210 par exemple).

Un seul résultat d'analyse de sédiments est publié dans le bilan environnemental 2010 et il n'est pas représentatif de l'impact. L'activité en radium 226 y est de 600 Bq/kg [AREVA 1, page 88], alors que la CRIIRAD mesure 23 800 Bq/kg sec, soit 39 fois plus, dans les sédiments soumis aux rejets.

Le bilan environnemental ne comporte aucune mesure de la contamination de la flore et de la faune aquatique en aval des rejets liquides contaminés.

L'évaluation des impacts sur le **vecteur air** est également totalement inadaptée. La méthode utilisée par AREVA et son laboratoire sous-traitant ALGADE permet à AREVA de conclure à : « *L'absence d'impact significatif du site de Rophin sur le vecteur Air dans son environnement* » [AREVA 1, p119]. Les mesures effectuées par la CRIIRAD - dans le cadre d'une campagne pourtant très limitée - aboutissent au contraire à la mise en évidence de l'existence de nombreux secteurs accessibles au public, où les flux de rayonnement gamma à 1 mètre au dessus du sol, dépassent d'un **facteur 5 le niveau naturel**.

### **Gestion des stériles miniers**

S'agissant du point 3, AREVA a entrepris la réalisation d'un relevé spectrométrique **hélicopté** au droit de certains sites français (dont le secteur de Rophin survolé durant l'été 2010) afin de rechercher les zones de réutilisation de stériles miniers.

Ce travail a été effectué mais n'a pas encore été rendu public par AREVA qui a prévu de réaliser en 2012 des contrôles au sol sur les zones détectées par hélicoptère.

La réalisation de ce travail constitue un progrès majeur pour la mise en évidence de zones remblayées au moyen de stériles miniers. Mais des contaminations plus limitées en superficie ne seront pas détectables au moyen de cette méthode.

### **Amélioration de l'information et de la concertation des populations**

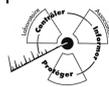
En ce qui concerne le point 4, la CRIIRAD a pu constater le 30 avril 2010 la présence d'un **panneau** récemment installé sur le site de Rophin et avertissant de la présence du stockage de résidus de traitement de minerai d'uranium (voir photographie page suivante).

Le panneau ne donne cependant aucune indication sur la contamination résiduelle de l'environnement accessible au public autour du site minier. Il se contente de renvoyer au site internet du Réseau National de Mesures de la Radioactivité de l'Environnement.

En ce qui concerne l'amélioration de l'information du public sur l'impact radiologique des sites, le rapport environnement AREVA 2010, devait être mis en ligne sur le site de la DREAL. Nous avons consulté le site le 26 janvier 2012.

En utilisant les mots clefs « AREVA, Rophin, uranium, Lachaux » dans le moteur de recherche interne du site nous n'avons pas trouvé ce document.

Il convient de souligner que sa mise à la disposition du grand public est utile mais ne constituera pas un progrès suffisant en matière d'information sur les risques radiologiques

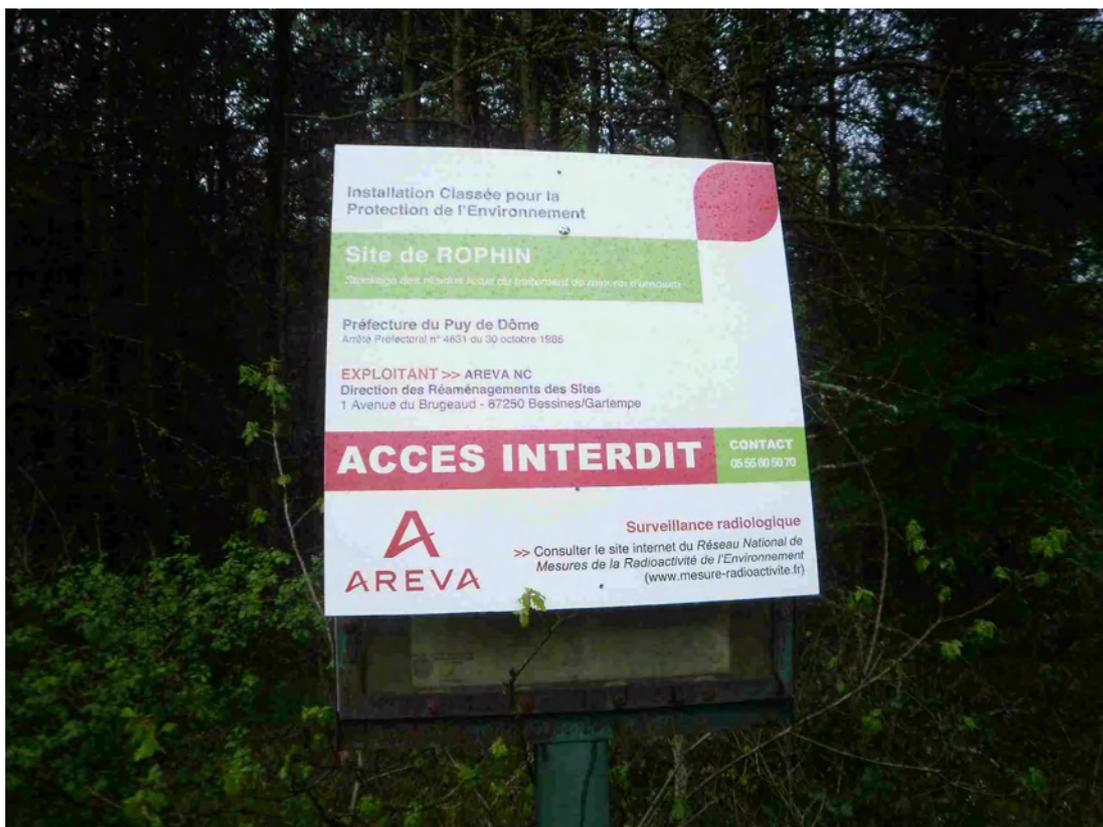


dans la mesure où les résultats décrits sont basés sur une méthodologie inadéquate.

Dans tous ces domaines, des progrès réels restent à accomplir. La mobilisation des citoyens et des associations de protection de l'environnement doit rester entière jusqu'à l'obtention d'améliorations plus significatives de la part de l'Etat et d'AREVA.

Rédaction : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD / [bruno.chareyron@criirad.org](mailto:bruno.chareyron@criirad.org)

Panneau sur site de Rophin / photo CRIIRAD avril 2010



#### Bibliographie

[AREVA 1] « AREVA / Bilan environnemental / Sites miniers du Puy-de-Dôme », Nadine Himeur et Christian Andres, 13 octobre 2010 (132 pages).

## ANNEXE 1 / Agréments du laboratoire de la 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<sup>er</sup> janvier 2012 est présentée ci-dessous :

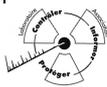
1 / Matrice **eaux** : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 30/06/2015) et tritium (agrément valable jusqu'au 30/06/2014).

2 / Matrice **sols** : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 30/6/2016), uranium et descendants, thorium et descendants, Ra 226 et descendants, Ra 228 et descendants (agrément valable jusqu'au 30/06/2015).

3 / Matrices **biologiques** : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 30/06/2014).

4 / Matrices **gaz** : émetteurs gamma d'énergie inférieure à 100 keV et d'énergie supérieure à 100 keV et gaz halogénés (agrément valable jusqu'au 30/06/2012).

En outre, le laboratoire de la CRIIRAD est agréé pour la mesure du **radon** dans les lieux ouverts au public : niveaux 1 A, et 2 (validité jusqu'au 15 septembre 2016) et 1B (validité jusqu'au 15 septembre 2012).



## **ANNEXE 2 / conditions de traitement et d'analyse des échantillons d'eau au laboratoire de la CRIIRAD**

A réception au laboratoire de la CRIIRAD, les échantillons d'eau ont subi les traitements successifs suivants:

### **Contrôle radiométrique**

Mesure du flux de rayonnement gamma au contact des flacons (scintillomètre SPP2) et enregistrement des échantillons.

Pour l'eau B2, le flux de rayonnement gamma au contact du flacon de prélèvement contenant environ 1 litre de liquide était supérieur de 40 % au bruit de fond du laboratoire (60-65 c/s mesurés le 3/5/2010 à 11H50, pour un bruit de fond de 45 c/s). L'analyse effectuée par spectrométrie gamma montre que ce rayonnement était imputable aux descendants émetteurs gamma du radon 222, le plomb 214 et le bismuth 214, dont l'activité dans l'échantillon le 3/5/2010 à 11H50 était de 866 Bq/l.

### **Mesure de l'activité du radon 222 dissous**

L'échantillon est conditionné en pot Marinelli 560 cc (après décantation préalable si nécessaire) pour analyse préliminaire par spectrométrie gamma HpGe, afin de mettre en évidence les radioéléments à courte période ou gazeux (entre autres le **radon 222** : période de 3,8 jours ou l'**iode 131** : période de 8 jours).

Les résultats de mesure sont systématiquement corrigés de la décroissance radioactive entre la date de prélèvement et la date de mesure de façon à exprimer l'activité au moment du prélèvement.

S'agissant en particulier du radon 222, il faut garder à l'esprit que les activités mesurées constituent une évaluation par défaut (dégazage possible d'une partie du radon lors du prélèvement) et ne sont valables que pour les échantillons contrôlés. En effet, les niveaux de radon 222 sont susceptibles de fortes variations naturelles.

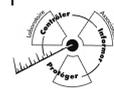
L'évaluation de l'activité du radon 222 est toujours délicate compte tenu également de la possibilité d'un dégazage partiel lors du transvasement<sup>4</sup> du pot de prélèvement vers la géométrie de comptage. Afin de tenir compte de ce phénomène, le comptage est réalisé systématiquement dans les minutes qui suivent le transvasement pendant 1 800 secondes. Dans ces conditions, la mesure de l'activité du plomb 214 et du bismuth 214 qui - compte tenu du temps écoulé entre transvasement et comptage - sont toujours en quasi équilibre avec le radon 222 présent dans le liquide avant transvasement permet de déterminer l'activité du radon 222 dans le flaconnage d'origine.

### **Dosage de l'uranium 238**

Afin de déterminer la concentration en uranium 238, et le rapport isotopique U235 / U 238, 250 cc de liquide brut ont été apportés au laboratoire Départemental d'Analyse de la Drôme (LDA 26, situé à Valence). Le dosage est effectué selon la norme NF EN ISO 17294-2.

<sup>4</sup> La Norme probatoire NF M60-761-1 (Mesure de la radioactivité dans l'environnement – eau / Partie 1 : Le radon 222 et ses descendants à vie courte dans l'eau : leurs origines et les méthodes de mesure), recommande d'effectuer le comptage directement sur le container calibré dans lequel l'échantillon a été conditionné in situ.

Les campagnes de tests comparatifs réalisés par la CRIIRAD avec les 2 méthodologies (comptage direct sur le container de prélèvement / comptage dans un container Marinelli après transfert au laboratoire) ont montré des résultats comparables (aux marges d'incertitudes près). Cependant le flaconnage utilisé pour le prélèvement est plus approprié pour le transport des échantillons.



### **ANNEXE 3 / conditions de traitement et d'analyse des échantillons de sédiments et sols au laboratoire de la CRIIRAD**

A réception au laboratoire de la CRIIRAD, les échantillons de sols et sédiments ont subi le traitement suivant :

- Mesure du flux de rayonnement gamma au contact (scintillomètre SPP2) à travers l'emballage d'origine et enregistrement des échantillons.

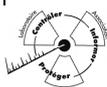
Pour ces 2 échantillons le flux de rayonnement gamma au contact du flacon de prélèvement contenant de 0,6 à 1 kg de matière était 5 à 10 fois supérieur au bruit de fond du laboratoire (230 c/s pour les sédiments et à 430 c/s pour le sol, pour un bruit de fond de 45 c/s).

- Tri manuel (enlèvement de la matière végétale).
- Dessiccation en étuve à 105 °C et détermination du taux de matières sèches.
- Homogénéisation, tamisage à 2 mm et conditionnement en géométrie de comptage calibrée (boite de Pétri) pour analyse par spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD après un délai de 21 jours minimum permettant la mise à l'équilibre du radium 226 et de ses descendants émetteurs gamma (plomb et bismuth 214) utilisés pour la détermination d'activité.

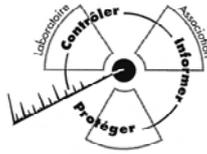
Les conditions de traitement sont adaptées pour garantir la protection radiologique du personnel : limiter au maximum la manipulation des échantillons, travail sous hotte ventilée lors du traitement de l'échantillon et de son transfert vers la géométrie de comptage, port de masque respiratoire, port de gants, port du dosimètre passif, décontamination systématique des paillasses, ustensiles et géométries de conditionnement au moyen de TFD4, réalisation de frottis de contrôle sur les paillasses après traitement des échantillons. A l'issue de l'étude, les échantillons seront restitués à AREVA ou adressés à l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) pour élimination.

### **ANNEXE 4 / Résultats des analyses par spectrométrie gamma Laboratoire de la CRIIRAD**

- Sédiments B3 (code 030510 B3)
- Sol B5 (code 030510 B5)



## LABORATOIRE DE LA CRIIRAD



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

Laboratoire agréé par les ministères chargés de la santé et de l'environnement pour les mesures de radioactivité de l'environnement – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande ou consultable sur [www.criirad.org](http://www.criirad.org).

Méthode d'essai : spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée.  
Détekteur 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° 25240-1 PAGE 1 / PAGE 1 RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA

#### Identification de l'échantillon analysé

Etude Mine ROPHIN

Code Enregistrement 030510B3  
N° d'analyse C 25240

Nature de l'échantillon Sédiments

Taux de matière sèche 40,3%

Lieu de prélèvement Puy de Dôme (63)  
Localisation du prélèvement Sous eau de rejet  
Travers Banc

Code de l'unité territoriale (NUTS) FR724

### ROPHIN SEDIMENTS AVAL REJET TB

#### Prélèvement

Date et heure de prélèvement 30/04/2010 15:15  
Opérateur de prélèvement Laboratoire de la CRIIRAD (BC)  
Mode de prélèvement Spatule

#### Pré-traitement

Date de préparation 07/05/2010  
Délai avant analyse (j) 24

#### Analyse en spectrométrie gamma

Date de mesure 31/05/2010 9:10  
Géométrie de comptage Pétri  
Etat de l'échantillon à l'analyse Sec  
Masse analysée (g) 52,07  
Temps de comptage (s) 30 486

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**	22 300 ±	2 700
Protactinium 234m	21 000 ±	6 000
Thorium 230**	7 900 ±	2 800
Radium 226***	23 800 ±	2 500
Plomb 214	24 800 ±	2 600
Bismuth 214	22 700 ±	2 400
Plomb 210**	11 000 ±	1 300
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>		
Uranium 235	1 150 ±	300
Protactinium 231	<	220
Thorium 227	600 ±	130
Radium 223	950 ±	280
Radon 219	600 ±	180
Plomb 211	<	150
<b>Chaîne du Thorium 232</b>		
Actinium 228	390 ±	90
Plomb 212	315 ±	47
Thallium 208	95 ±	20
Potassium 40	1 700 ±	320
Béryllium 7	<	40
<b>Eléments radioactifs artificiels</b>		
Activité et incertitude ou limite de détection si <		
Césium 137	<	5
Césium 134	<	4,9

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

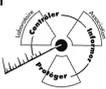
\*\* S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

\*\*\* Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants le Plomb 214 et le Bismuth 214 à l'équilibre, soit plus de 21 jours après conditionnement de l'échantillon.

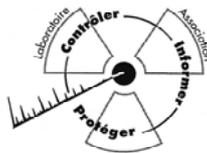
Activités ramenées à la date de prélèvement

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire



## LABORATOIRE DE LA CRIIRAD



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

Laboratoire agréé par les ministères chargés de la santé et de l'environnement pour les mesures de radioactivité de l'environnement – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande ou consultable sur [www.criirad.org](http://www.criirad.org).

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°25241-1 PAGE 1 / PAGE 1 RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA

#### Identification de l'échantillon analysé

Etude Mine ROPHIN

Code Enregistrement 030510B5  
N° d'analyse B 25241

Nature de l'échantillon Matériau actif argileux ocre

Taux de matière sèche 80,6%

Lieu de prélèvement Puy de Dôme (63)  
Localisation du prélèvement Sentier RG du Gourgeat  
Aval rejets mine uranium

Code de l'unité territoriale (NUTS) FR724

Mine ROPHIN  
Sols contaminés  
Sentier rive gauche  
ruisseau le Gourgeat

Valence, le 03 juin 2010

#### Prélèvement

Date et heure de prélèvement 30/04/2010 18:00  
Opérateur de prélèvement CRIIRAD (BC)  
Mode de prélèvement Pellette

#### Pré-traitement

Date de préparation 07/05/2010  
Délai avant analyse (j) 24  
Conditions de préparation Dessiccation 105°C  
Tamisage < 2 mm

#### Analyse en spectrométrie gamma

Date de mesure 31/05/2010 9:14  
Géométrie de comptage Pétri  
Etat de l'échantillon à l'analyse Sec  
Masse analysée (g) 88,05  
Temps de comptage (s) 30 439

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**	12 000	±	1 500
Protactinium 234m	15 200	±	3 800
Thorium 230**	21 800	±	4 600
Radium 226***	15 500	±	1 600
Plomb 214	16 500	±	1 700
Bismuth 214	14 400	±	1 500
Plomb 210**	14 300	±	1 600
<b>Chaîne de l'Uranium 235</b>			
Uranium 235	640	±	190
Protactinium 231	1 090	±	390
Thorium 227	1 130	±	180
Radium 223	1 350	±	270
Radon 219	1 350	±	230
Plomb 211	1 250	±	320
<b>Chaîne du Thorium 232</b>			
Actinium 228	71	±	34
Plomb 212	73	±	16
Thallium 208	20	±	8
Potassium 40	1 130	±	210
Béryllium 7	<		33

Eléments radioactifs artificiels	Activité et incertitude ou limite de détection si <		
Césium 137	<		4,3
Césium 134	<		4,2

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 à l'équilibre, soit plus de 21 jours après conditionnement de l'échantillon.

**Stéphane PATRIGEON**  
Technicien de laboratoire

**Bruno CHAREYRON**  
Responsable du laboratoire

