

6. TRANSFERTS DE RADIONUCLÉIDES PAR LES EAUX

Conformément au projet initial soumis à la municipalité de Saint-Priest La Prugne, et compte tenu du budget alloué, le laboratoire de la CRIIRAD a réalisé une partie seulement des analyses portant sur les sédiments et terres de berges, ainsi qu'une campagne spécifique portant sur les plantes aquatiques (fontinales). Il n'a pas réalisé d'analyses sur les eaux.

Les résultats des analyses de sédiments et terres de berges reproduits en [annexe 5](#) ont été partiellement commentés au paragraphe 2 sur l'exposition externe.

6.1. Contamination des eaux

La liste des stations d'échantillonnage des eaux de surface et eaux souterraines a été validée définitivement lors de la réunion du CSST en date du 5 juillet 2001. Elle comporte 10 stations dans le secteur minier, 8 stations dans le cours de la Besbre et 6 captages d'eau potable pour distribution sur la commune.

Les échantillonnages ont été effectués par le laboratoire SUBATECH les 18 et 19 septembre 2002. Le laboratoire de la CRIIRAD n'a pas effectué d'analyses d'eau compte tenu du budget alloué. Les commentaires effectués ci-après portent donc sur les mesures réalisées par COGEMA et SUBATECH. Conformément au cahier des charges, SUBATECH a procédé au dosage des principaux radionucléides émetteurs gamma et du radon 222, ainsi qu'au dosage spécifique du radium 226 et de l'élément uranium.

6.1.1. Problèmes analytiques

6.1.1.1. Dosage de l'uranium

Nous avons reporté dans le [tableau T12 ci-dessous](#) les résultats des mesures effectuées par SUBATECH pour le thorium 234 mesuré par spectrométrie gamma (dans la fraction soluble et insoluble) et l'élément uranium (mg/l) dosé sur la fraction totale.

A partir de la teneur en uranium, nous avons calculé l'activité de l'isotope uranium 238 en Bq/l, puis comparé le ratio entre d'une part l'activité de l'uranium 238 et d'autre part la somme des activités du thorium 234 dans la fraction soluble et insoluble. On constate un certain nombre d'incohérences :

- Pour 6 des stations du secteur minier, l'activité de l'uranium 238 est supérieure à celle du thorium 234 (d'un facteur 1,3 à 2,05),
- Pour les stations Gadaillères et le rejet en Besbre, l'activité du thorium 234 insoluble est 5 fois supérieure à l'activité de l'uranium 238.

Les rapports d'analyse fournis par SUBATECH ne précisent pas les protocoles analytiques mise en œuvre, il est donc difficile d'interpréter ces résultats. Ceci devra être fait par le CSST.

Dans la suite, nous considérerons les mesures SUBATECH portant sur l'élément uranium, dans la mesure où elles présentent une meilleure sensibilité de détection par rapport aux mesures du thorium 234 par spectrométrie gamma.

**Tableau T12 : Dosage du thorium 234 et de l'élément uranium dans les eaux /
mesures SUBATECH**

Thorium 234 Bq/l (spectro. Gamma)			Uranium mg/l	U238 Bq/l ⁽¹⁾	Ratio U238 / Th 234 sol. + insol.
Soluble	Insoluble	Sol. + insol.			

Stations sur sites miniers ou zone d'influence

E1 E (Lame Gd Bassin)	< 0,11	0,14	< 0,25	4,1E-02	0,51	2,05
E6 E (Exhaure TB0)	0,82	0,16	0,98	1,1E-01	1,38	1,40
E2 E (Petits bassins de décantation)	0,78	< 0,16	< 0,94	1,0E-01	1,25	1,33
E3 E (Arrivée Rive Gauche)	< 0,096	< 0,076	< 0,172	2,9E-03	0,036	*
E4 E (Drains 1 à 5)	0,45	0,14	0,59	9,3E-02	1,16	1,97
E5 E (Pied de Digue)	0,38	0,11	0,49	8,0E-02	1,00	2,04
E7 E (Bief Amont / Drain N°6)	0,69	< 0,074	< 0,764	1,1E-01	1,38	1,80
E 25 E (Les Gadaillères)	< 0,099	0,48	< 0,579	6,7E-03	0,0838	0,14
E 13 E (Mare N°8)	< 0,095	< 0,072	< 0,167	1,9E-04	0,0024	*
E 15 E (Alimentation Ouest Paradou)	< 0,12	< 0,076	< 0,196	4,1E-03	0,0513	*

Stations sur le cours de la Besbre

E 16 E (Amont Besbre)	< 0,099	< 0,072	< 0,171	1,8E-04	0,0023	*
E8 E (rejet)	< 0,099	0,13	< 0,229	1,9E-03	0,024	0,10
E 12 E (Besbre Pt surveillance 3)	< 0,24	< 0,15	< 0,39	1,3E-02	0,16	*
E 10 E (Moulin St Priest 1,5 km aval)	< 0,20	< 0,074	< 0,274	7,4E-03	0,093	*
E 11 E (Moulin Gitenay 6 km aval)	< 0,10	< 0,071	< 0,171	5,7E-03	0,071	*
E 19 E (Pont l'Ombra 9 km aval)	< 0,12	< 0,071	< 0,191	3,0E-03	0,0375	*
E 17 E (St Clément 12 km aval)	< 0,11	< 0,053	< 0,163	1,3E-03	0,0163	*
E 18 E (Pont Clavel 30 km aval)	< 0,099	< 0,078	< 0,177	5,5E-04	0,0069	*

Captages AEP utilisés par la commune

E 20 E (Potable Fond du Puy)	< 0,12	< 0,072	< 0,192	1,4E-04	0,0018	*
E 21 E (Potable Calinon)	< 0,10	< 0,073	< 0,173	1,1E-04	0,0014	*
E 22 E (Potable La France)	< 0,10	< 0,052	< 0,152	1,0E-04	0,0013	*
E 23 E (Potable Coppéré)	< 0,10	< 0,072	< 0,172	1,5E-04	0,0019	*
E 23' E (Potable Beaulouis)	< 0,097	< 0,053	< 0,15	3,1E-04	0,0039	*
E 24 E (Potable Verganassière)	< 0,099	< 0,051	< 0,15	3,4E-05	0,0004	*

(1) Calcul effectué par la CRIIRAD à partir de la masse spécifique de l'uranium 238 : 12 500 Bq/g

6.1.1.2. Dosage du radium 226

Nous avons reporté dans le [tableau T13 ci-dessous](#) les résultats des mesures effectuées par SUBATECH pour le radium 226 par spectrométrie gamma (dans la fraction soluble et insoluble) et par spectrométrie alpha (fraction soluble), ainsi que l'activité du radon 222 par spectrométrie gamma.

Nous avons calculé le ratio entre l'activité du radium 226 mesuré par spectrométrie alpha (fraction soluble) et par spectrométrie gamma (fraction soluble). On constate un certain nombre d'incohérences :

- Pour les eaux des petits bassins de décantation, l'activité du radium 226 mesurée par spectrométrie alpha est environ 40 % inférieure au résultat de spectrométrie gamma,
- Pour les stations Drains 1-5, Pied de digue et drain N°6, l'activité du radium 226 mesurée par spectrométrie alpha est 26 à 36 fois inférieure à la valeur déterminée par spectrométrie gamma. Les rapports d'analyse fournis par SUBATECH ne précisent pas les protocoles analytiques mise en œuvre, il est donc difficile d'interpréter ces résultats. Ceci devra être fait par le CSST.

Dans la suite, nous considérerons les mesures SUBATECH portant sur le radium 226 mesuré par spectrométrie alpha, dans la mesure où elles présentent une meilleure sensibilité de détection par rapport aux mesures du radium 226 par spectrométrie gamma.

Mais il conviendra de garder à l'esprit les incohérences évoquées ci-dessus.

Tableau T13 : Dosage du radium 226 et du radon 222 dans les eaux / mesures SUBATECH

	Radium 226 Bq/l (spectro gamma)			Radium 226 Bq/l spectro alpha	Ratio Ra 226 (alpha) / Ra 226 sol. Gamma	Radon 222 Bq/l
	soluble	insoluble	Sol. + insol.			
Stations sur sites miniers ou zone d'influence						
E1 E (Lame Gd Bassin)	3,7	0,49	4,19	4,3	1,16	120
E6 E (Exhaure TB0)	1,5	0,84	2,34	1,4	0,93	1500
E2 E (Petits bassins de décantation)	0,63	0,23	0,86	0,36	0,57	330
E3 E (Arrivée Rive Gauche)	< 0,2	< 0,18	< 0,38	0,011	*	< 51
E4 E (Drains 1 à 5)	0,71	< 0,16	< 0,87	0,022	0,03	480
E5 E (Pied de Digue)	0,27	< 0,19	< 0,46	0,0074	0,03	240
E7 E (Bief Amont / Drain N°6)	0,34	< 0,18	< 0,52	0,013	0,04	67
E 25 E (Les Gadailères)	< 0,21	0,62	< 0,83	0,013	*	73
E 13 E (Mare N°8)	< 0,2	< 0,16	< 0,36	< 0,0062	*	440
E 15 E (Alimentation Ouest Paradou)	< 0,45	< 0,16	< 0,61	0,0091	*	< 95
Stations sur le cours de la Besbre						
E 16 E (Amont Besbre)	< 0,44	< 0,17	< 0,61	< 0,0035	*	< 96
E8 E (rejet)	< 0,22	< 0,36	< 0,58	0,038	*	74
E 12 E (Besbre Pt surveillance 3)	< 0,45	< 0,35	< 0,8	0,027	*	< 62
E 10 E (Moulin St Priest 1,5 km aval)	< 0,45	< 0,16	< 0,61	0,020	*	< 130
E 11 E (Moulin Gitenay 6 km aval)	< 0,43	< 0,18	< 0,61	0,015	*	< 54
E 19 E (Pont l'Ombra 9 km aval)	< 0,44	< 0,18	< 0,62	0,012	*	< 24
E 17 E (St Clément 12 km aval)	< 0,22	< 0,11	< 0,33	0,0077	*	< 15
E 18 E (Pont Clavel 30 km aval)	< 0,22	< 0,18	< 0,4	< 0,0095	*	12
Captages AEP utilisés par la commune						
E 20 E (Potable Fond du Puy)	< 0,22	< 0,17	< 0,39	< 0,0054	*	68
E 21 E (Potable Calinon)	< 0,43	< 0,18	< 0,61	< 0,0080	*	< 21
E 22 E (Potable La France)	< 0,22	< 0,12	< 0,34	< 0,0075	*	47
E 23 E (Potable Coppéré)	< 0,23	< 0,17	< 0,4	0,013	*	180
E 23' E (Potable Beaulouis)	< 0,20	< 0,13	< 0,33	0,0068	*	280
E 24 E (Potable Verganassière)	< 0,21	< 0,12	< 0,33	< 0,0079	*	< 28

6.1.2. Contamination des eaux du secteur minier

6.1.2.1. L'uranium dans les eaux du secteur minier

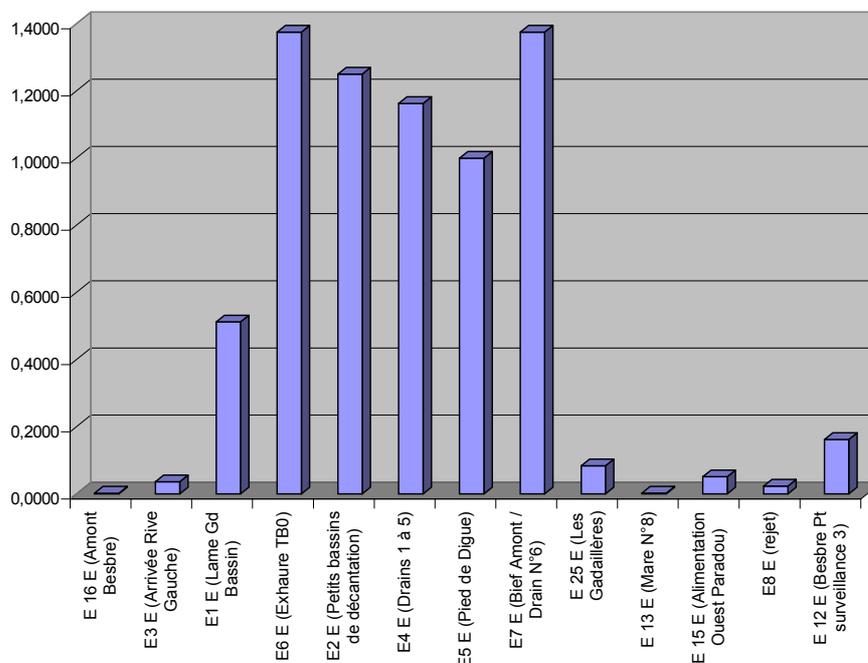
Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité de l'uranium 238 dans les eaux proches du secteur minier, ainsi qu'en référence dans les eaux de la Besbre en amont de la mine (0,0023 Bq/l), les eaux de la Besbre au niveau du rejet, et les eaux de la Besbre en aval proche du point de rejet.

Les activités les plus importantes (de 0,5 à 1,4 Bq/l) correspondent :

- à la lame d'eau du grand bassin de stockage des résidus (0,51 Bq/l), aux eaux d'exhaure du TBO (1,4 Bq/l), et aux eaux des bassins de décantation de la station de traitement (1,25 Bq/l ou 0,10 mg/l). Cette dernière valeur est comparable aux valeurs mesurées par COGEMA au niveau du rejet en Besbre (0,12 mg/l en moyenne pour l'année 1998).
- aux eaux collectées en pied de digue (1 Bq/l) et dans les drains 1 à 5 (1,16 Bq/l). Cette dernière valeur, équivalente à 0,093 mg/l est à comparer aux mesures moyennes effectuées par COGEMA en 1998 : de 0,10 à 0,11 mg/l pour les drains N°4 et N° 1+2+3, et 0,53 mg/l pour le drain N°5.
- aux eaux du drain N°6 (1,38 Bq/l). Cette dernière analyse a été réalisée à la demande de la CRIIRAD qui avait mis en évidence un excès de rayonnement gamma au contact des sédiments du bief asséché qui recueille les écoulements de ce drain. La valeur mesurée par SUBATECH (0,11 mg/l) est comparable à la moyenne obtenue par COGEMA en 1998 (0,16 mg/l).

On observe également une contamination significative des eaux qui s'écoulent de l'ancienne mine des Gadailières (0,08 Bq/l) et dans le secteur du Paradou en aval du Grand Bassin (0,05 Bq/l). Dans ces 2 cas, les analyses ont été effectuées à la demande de la CRIIRAD qui avait détecté un flux de rayonnement gamma anormalement élevé en ces 2 stations.

Activité en uranium 238 Bq/l des eaux sur le secteur minier / mesures SUBATECH

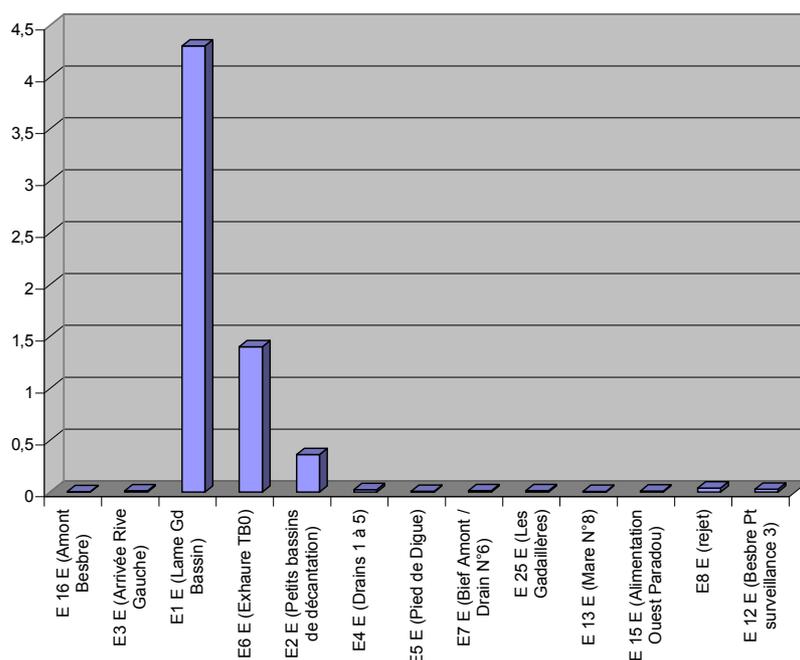


6.1.2.2. Le radium 226 dans les eaux du secteur minier

Rappel : Le décret 90-222 du 9 mars 1990 fixe une limite en radium 226 soluble de 0,37 Bq/l au delà de laquelle les eaux ne doivent pas être rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable, sauf accord préalable du service chargé de la police des eaux.

Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité du radium 226 (spectro alpha) dans les eaux proches du secteur minier, ainsi qu'en référence dans les eaux de la Besbre en amont de la mine (< 0,0035 Bq/l), les eaux au niveau du rejet, et les eaux de la Besbre en aval proche du point de rejet.

Activité en radium 226 (Bq/l spectro alpha) des eaux du secteur minier / mesures SUBATECH



Les activités les plus importantes (de 0,36 à 4,3 Bq/l) correspondent :

- à la lame d'eau du grand bassin de stockage des résidus (4,3 Bq/l). La moyenne mesurée par COGEMA en 1998 était de 2,27 Bq/l. Ces eaux en cas de débordement du grand bassin semblent traitées, puis diluées avec les eaux dites « arrivée rive gauche ». Ces eaux sont ensuite dirigées vers la Besbre en amont du « rejet ».
- aux eaux d'exhaure du TBO (1,4 Bq/l). La moyenne mesurée par COGEMA en 1998 était de 0,49 Bq/l. Le document COGEMA mentionnait un traitement de ces eaux de 1982 à 1986 (radium 226 soluble entre 0,72 et 1,23 Bq/l), un traitement partiel de 1987 à 1993 (radium 226 soluble entre 0,57 à 1,66 Bq/l), mais il ne semble pas qu'il y ait eu traitement sur la période 1994 / 1998.
- aux eaux des bassins de décantation de la station de traitement (0,36 Bq/l). La moyenne mesurée par COGEMA en 1998 au niveau « *rejet Besbre* » était de 0,30 Bq/l.

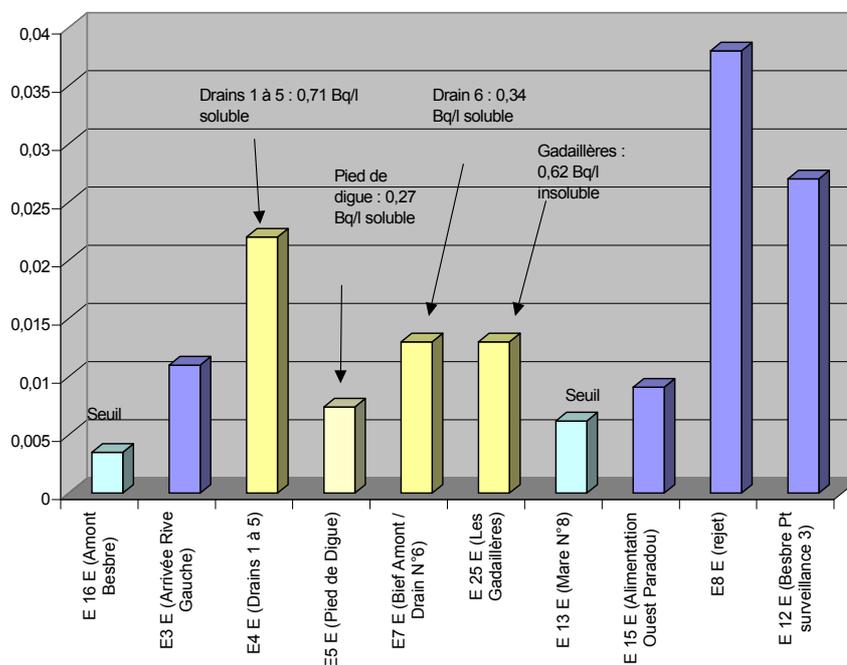
Dans ces 3 cas, les résultats de la spectrométrie alpha (SUBATECH) sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par spectrométrie gamma (radium 226 dans la fraction soluble comprise entre 0,63 et 3,7 Bq/l). De telles valeurs sont supérieures ou comparables à la limite de 0,37 Bq/l fixée par le décret 90-222 du 9 mars 1990. Ces eaux ne doivent donc pas être rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable, sauf accord préalable du service chargé de la police des

eaux. Le schéma de circulation des eaux fourni par COGEMA indique effectivement que les eaux d'exhaure (TBO) et les eaux de la lame d'eau du grand bassin « *transitent par le site* » et ont une activité en radium 226 soluble supérieure à 0,37 Bq/l. Les eaux du TBO sont directement envoyées vers un bassin d'homogénéisation (pour traitement éventuel), les eaux du grand bassin seraient traitées « *si débordement* ».

Il est surprenant de constater que les eaux des bassins de décantation présentent (après traitement) une activité en radium 226 supérieure ou égale à 0,37 Bq/l (0,63 Bq/l dans la fraction soluble selon SUBATECH). **Ces eaux ne devraient donc pas être rejetées ?**

Le même graphique est reporté [ci-dessous](#) sans les 3 valeurs les plus élevées. Nous avons reporté également les valeurs numériques des activités en radium 226 obtenues par spectrométrie gamma lorsqu'elles étaient très différentes des résultats de spectrométrie alpha.

Activité du radium 226 (Bq/l spectro. Alpha) des eaux du secteur minier / mesures SUBATECH



Les eaux collectées en pied de digue, dans les drains 1 à 5 et dans le drain N°6 présentent des activités en radium 226 mesurées par spectrométrie alpha de 2 à 6 fois supérieures à celles des eaux de la Besbre en amont. Mais les activités en radium 226 soluble mesurées par spectrométrie gamma par SUBATECH sont beaucoup plus importantes (de 0,3 à 0,7 Bq/l) que les activités obtenues par spectrométrie alpha (SUBATECH).

Drains 1 à 5

Le schéma de circulation des eaux fourni par COGEMA indique que les eaux des drains 1+4+5 sont envoyées vers le bassin d'homogénéisation de la station de traitement. Le schéma précise que ces eaux « *transitent par le site, et Ra 226 soluble < 0,37 Bq/l* ». Les résultats des mesures COGEMA sur la période 1982 / 1998 font état effectivement dans ces drains d'activités moyennes annuelles en radium 226 soluble comprises entre 0,02 Bq/l et 0,07 Bq/l. Ces valeurs sont comparables au résultat donné par SUBATECH pour la spectrométrie alpha (0,022 Bq/l). Ceci suggère que la mesure SUBATECH pour le radium 226 soluble par spectrométrie gamma (0,71 +/- 0,36 Bq/l) est erronée.

Drain N°6

Les eaux du drain N°6 s'écoulent directement dans un bief situé sur un terrain en limite de propriété COGEMA, sans traitement préalable (ceci est confirmé par le schéma de circulation des eaux fourni par COGEMA, qui précise que ces eaux transitent par le site, mais que leur activité en radium 226 est inférieure à 0,37 Bq/l). L'analyse de ces eaux a été réalisée à la demande de la CRIIRAD qui avait mis en évidence un excès de rayonnement gamma au contact des sédiments du bief asséché qui recueille les écoulements de ce drain. L'activité en radium 226 soluble des eaux de ce drain (0,34 Bq/l selon SUBATECH par spectrométrie gamma) est proche de la limite réglementaire. Cependant l'activité en radium 226 mesurée par SUBATECH par spectrométrie alpha est nettement plus faible (0,013 Bq/l) et comparable aux résultats COGEMA (moyenne de 0,04 Bq/l pour l'année 1998). Ceci suggère que la mesure SUBATECH par spectrométrie gamma pourrait être erronée.

Nous montrerons plus loin, que bien que conformes aux prescriptions réglementaires, ces eaux ne devraient pas être rejetées dans le milieu naturel, car elles conduisent à une contamination des plantes aquatiques et des sédiments du bief.

La CRIIRAD recommande que COGEMA explicite son schéma de circulation, de contrôle et de traitement des eaux. En particulier les conditions de pompage, traitement et rejet des eaux de surverse du grand bassin, des eaux des drains et du TBO.

Les Gadaillères

On observe également une contamination significative des eaux qui s'écoulent de l'ancienne mine des Gadaillères (0,62 Bq/l mesuré par SUBATECH dans la fraction insoluble / spectrométrie gamma).

Résurgences

S'agissant de la détermination de l'impact des écoulements liés aux travaux souterrains, il convient de noter que le CSST n'a pas été en mesure de déterminer s'il pouvait exister des sources ou puits sous influence possible des eaux baignant les galeries souterraines en aval très lointain.

Seule la zone d'influence déterminée par COGEMA a été retenue et un seul point d'eau « officiel » y a été contrôlé par SUBATECH (Mare N°8). A la demande de la CRIIRAD, a été rajouté un contrôle N°E 15 E « alimentation ouest Paradou » dans un secteur où les contrôles radiométriques réalisés par la CRIIRAD avaient mis en évidence un flux de rayonnement gamma anormalement élevé.

Les analyses réalisées par SUBATECH sur les eaux de la mare N°8 n'ont révélé aucune anomalie significative :

- activité en uranium 238 de 0,0024 Bq/l soit 0,00019 mg/l, proche de celle des eaux de la Besbre en amont des mines,
- activité du radium 226 inférieure à la limite de détection (< 0,0062 Bq/l).

Ces résultats peuvent être comparés aux valeurs mesurées par COGEMA dans la zone de surveillance en 1997 et 1998 (stations : drain 40, source 5, source 8, source 17, source 35 et Paradou 5):

- Uranium soluble : 0,10 mg/l (il s'agit probablement en fait d'une limite de détection ?).
- Radium 226 soluble compris entre 0,02 et 0,03 Bq/l,

Par contre, les eaux du point E 15 E Paradou présentent une activité en uranium 238 de 0,05 Bq/l, deux fois supérieure à celle des eaux rejetées en Besbre et une activité en radium 226 de 0,009 Bq/l, plus de 2 fois supérieure à celle des eaux de la Besbre en amont des mines).

L'origine de la contamination de l'écoulement du Paradou devrait être recherchée.

La CRIIRAD recommande qu'une étude hydrogéologique approfondie soit engagée afin de déterminer l'origine des écoulements de la station E 15 E et de vérifier s'il peut exister des sources ou puits en aval hydraulique lointain hors de la zone d'influence officielle.

6.1.3. Contamination des eaux de la Besbre

6.1.3.1. L'uranium dans les eaux de la Besbre

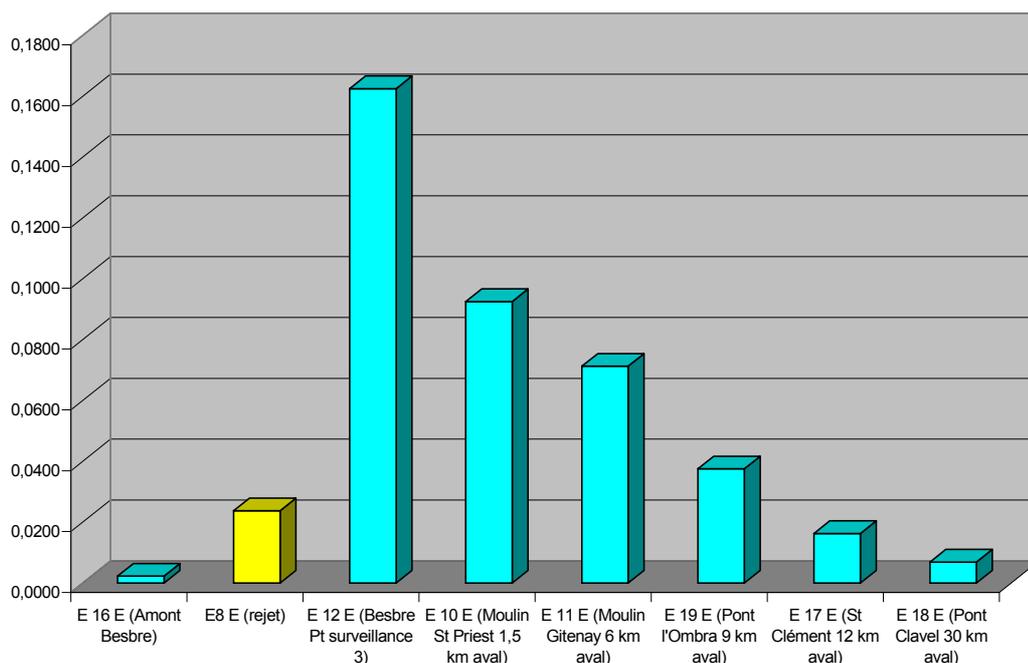
Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité de l'uranium 238 dans les eaux de la Besbre en amont de la mine (0,0023 Bq/l), les eaux au niveau du rejet (0,024 Bq/l), et les eaux de la Besbre depuis l'aval proche du point de rejet (0,16 Bq/l) et jusqu'à 30 km en aval (0,0069 Bq/l).

L'impact du site est très significatif et détectable jusqu'à au moins 30 km (3 fois plus d'uranium qu'en amont des mines).

On remarque cependant que la contamination est plus importante en aval du point de rejet (Pt 3) qu'au droit du rejet. Cette singularité devra être discutée en CSST.

La contamination n'est probablement pas imputable qu'aux rejets contrôlés mais a certainement une origine plus diffuse à rechercher en amont du point de rejet. Ceci n'est pas étonnant compte tenu de la contamination des eaux des drains et en particulier du drain N°6. L'activité en uranium au droit du rejet en Besbre est 10 fois supérieure à celle des eaux de la Besbre en amont des mines, mais celle du drain N°6 est 611 fois supérieure et celle des eaux de la Besbre en aval du rejet est 72 fois supérieure.

Activité en uranium 238 (Bq/l) dans les eaux de la Besbre / mesures SUBATECH



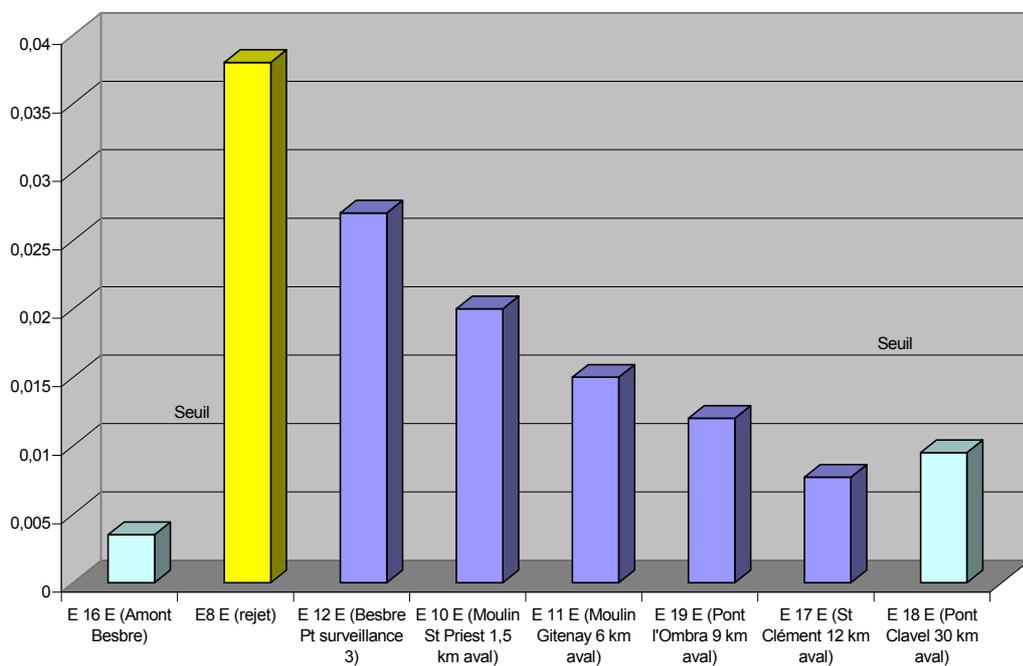
6.1.3.2. Le radium 226 dans les eaux de la Besbre

Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité du radium 226 mesuré par SUBATECH (spectrométrie alpha) dans les eaux de la Besbre en amont de la mine (< 0,0035 Bq/l), les eaux au niveau du rejet (0,038 Bq/l), et les eaux de la Besbre depuis l'aval proche du point de rejet (0,027 Bq/l) et jusqu'à 30 km en aval (< 0,0095 Bq/l).

Les eaux de la Besbre au niveau du rejet sont contaminées à un niveau plus de 11 fois supérieur à la valeur naturelle en amont du site BNL. L'impact du site est détectable jusqu'à au moins 12 km (2 fois plus de radium 226 qu'en amont des mines).

Il n'est pas exclu qu'une part de la contamination aie une origine plus diffuse à rechercher en amont du point de rejet (cf contamination des eaux des drains et en particulier du drain N°6).

Activité du radium 226 (Bq/l spectro alpha) des eaux de la Besbre / mesures SUBATECH



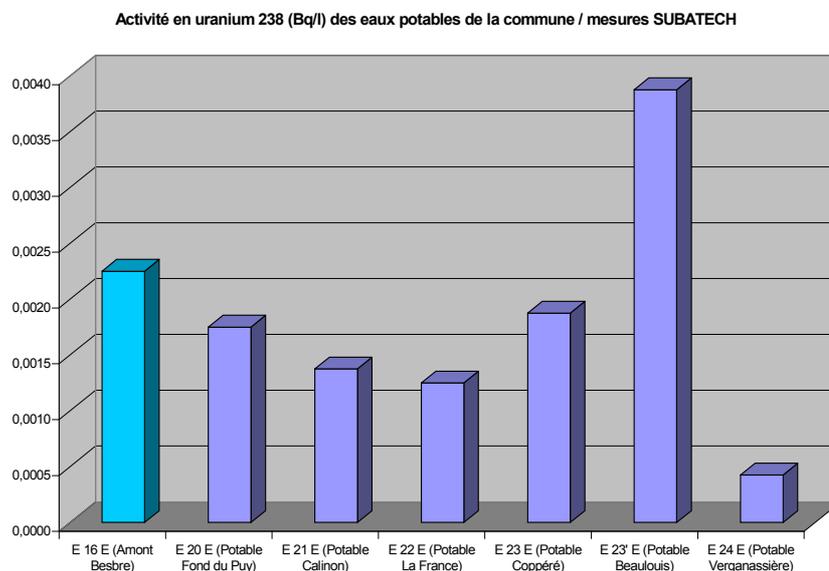
La CRIIRAD recommande que COGEMA :

- précise l'origine de la contamination diffuse en uranium 238 et radium 226 en amont du point de rejet et en particulier au niveau du drain N°6,
- améliore son système de collecte des eaux afin de renvoyer toutes les eaux souillées vers les bassins de décantation,
- explicite les niveaux élevés de radium 226 soluble dans les eaux des bassins de décantation avant rejet.

6.1.4. Contrôles effectués sur les eaux potables

6.1.4.1. L'uranium dans les eaux potables distribuées sur la commune

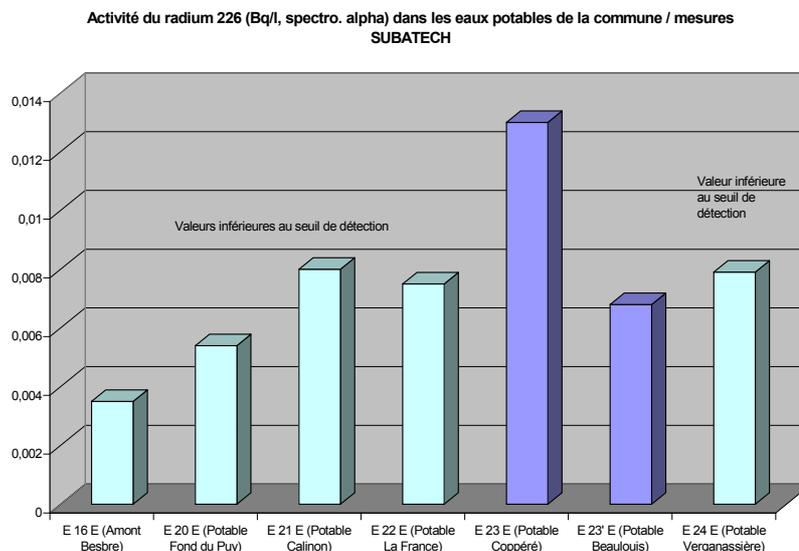
Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité de l'uranium 238 mesurée par SUBATECH dans les eaux potables et pour mémoire celle mesurée dans les eaux de la Besbre en amont des mines.



Les activités en uranium 238 sont comparables à celles des eaux de la Besbre en amont. Les eaux du captage Beaulouis sont les plus chargées en uranium.

6.1.4.2. Le radium 226 dans les eaux potables distribuées sur la commune

Nous avons reporté dans le [graphique ci-dessous](#) l'activité du radium 226 mesuré par SUBATECH (spectrométrie alpha) dans les eaux potables et pour mémoire celle mesurée dans les eaux de la Besbre en amont des mines.



Les activités en radium 226 sont inférieures à la limite de détection sauf au niveau des captages Coppéré (0,013 Bq/l) et Beaulouis (0,0068 Bq/l).

6.1.4.3. Evaluation des doses

Les avis recueillis par la CRIIRAD auprès de la population locale ne permettent pas de penser, a priori, que ces eaux soient sous influence directe de la mine, néanmoins l'avis d'un hydrogéologue serait utile pour interpréter correctement ces données.

En ce qui concerne l'estimation des doses liées à la consommation des eaux, les mesures réalisées sont insuffisantes pour effectuer une évaluation complète. En effet, certains radionucléides des chaînes de l'uranium 238 comme le thorium 230 et le polonium 210 n'ont pas été mesurés par SUBATECH. Le plomb 210 a été recherché par SUBATECH mais la limite de détection obtenue par spectrométrie gamma est relativement élevée.

Nous avons reporté [en annexe 8](#) des exemples de calculs de doses.

- Si l'on ne prenait en compte que l'uranium 238 et le radium 226 effectivement mesurés dans les eaux potables, la consommation de 2,5 litres d'eau par jour représenterait une dose efficace annuelle de 6 microSieverts (26 microSieverts s'il s'agissait de l'eau de la Besbre en aval des rejets).
- Si l'on ajoutait la contribution du plomb 210 et du polonium 210 (en supposant que leur activité est égale à la limite de détection du plomb 210) on obtiendrait une dose efficace annuelle de 282 microSieverts pour l'eau de Coppéré, 1 159 microSieverts pour l'eau de Fond du Puy et 302 microSieverts pour l'eau de la Besbre en aval des rejets.

Ces estimations montrent bien que les mesures réalisées à ce jour sont totalement insuffisantes pour effectuer un calcul de dose fiable.

La CRIIRAD recommande que des contrôles complémentaires soient réalisés sur les eaux de surface, eaux souterraines et eaux potables, incluant le dosage, par des moyens analytiques appropriés, du thorium 230, plomb 210 et polonium 210, sans lesquels les estimations de doses sont fortement sous-estimées.

6.2. Contamination des plantes aquatiques

6.2.1. Objectifs et méthodologie

Le cahier des charges élaboré par le CSST prévoyait que l'étude de la contamination du milieu aquatique par accumulation de radionucléides soit étudiée à travers l'analyse des sédiments (cf 6.3 ci-après). Le laboratoire de la CRIIRAD a recommandé (cf rapport SPLP 5 du 23 mai 2001) de coupler, dans la mesure du possible, les analyses de sédiments et terres de berges avec des analyses portant sur les eaux et les plantes aquatiques. La CRIIRAD a recommandé les fontinales, repérées en de nombreux points du cours de la Besbre lors des repérages sur le terrain. En effet, la capacité de bioaccumulation du radium et de l'uranium dans ce type de plantes a pu être mise en évidence par la CRIIRAD dans le cadre de précédentes études (division minière de la Crouzille en 1993-1994).

L'analyse de plantes aquatiques est complémentaire de celle des sédiments. En effet, il est souvent difficile de détecter des sédiments fins à toutes les stations d'échantillonnage. De plus les fontinales peuvent renseigner sur des contaminations plus récentes que les sédiments.

Le CSST a finalement accepté la proposition de la CRIIRAD. Les prélèvements ont été effectués par le technicien CRIIRAD, le plus souvent en présence de techniciens SUBATECH, du 18 au 21 septembre 2001.

Les plantes aquatiques ont été échantillonnées dans la Besbre en amont des rejets du site BNL, à 30-40 m en aval du rejet (après la station de décantation), au niveau du moulin de Saint-Priest¹⁵ (1,5 km en aval), à Pont de L'Ombra (9 km aval) et Pont Clavel (30 km aval).

Un échantillon a été prélevé également dans le drain N°6 (bac béton) en aval de la digue du bassin de stockage des résidus. En effet, la CRIIRAD avait observé lors des prédictions radiométriques un niveau de rayonnement gamma anormalement élevé dans le bief asséché en aval du drain.

La liste des stations d'échantillonnage est reportée dans le tableau T14 ci-dessous.

Tableau T14 : Stations d'échantillonnage de fontinales / prélèvements CRIIRAD

Clôture Nord-Est depuis Portail BNL (bief)	fontinale D6F
Amont Besbre 1	fontinale E16F
Berges de la Besbre en aval hydraulique	
Rive Droite Besbre / environ 25 m aval rejet /	fontinale E8F
Moulin Saint-Priest (1,5 km aval)	fontin. F et E10F
Pont l'Ombra (9 km aval)	fontinale E19F
Pont Clavel (30 km aval)	fontinale E18F
Analyse effectuée par la CRIIRAD	
Analyse effectuée par la CRIIRAD et SUBATECH	

¹⁵ Concernant la station moulin de Saint-Priest, le technicien CRIIRAD a échantillonné des plantes dans la Besbre et également dans le bief du moulin. En effet les secondes paraissaient très fraîches alors que les plantes collectées tout le long du cours de la Besbre avaient un aspect plus défraîchi. Le bief est alimenté par la Besbre et par le ruisseau de l'Etui.

6.2.2. Résultats des analyses CRIIRAD

Les résultats des analyses CRIIRAD sur les fontinales (plantes aquatiques) sont reproduits en [annexe 6](#).

On détecte dans les plantes :

- des radionucléides d'origine tellurique issus des chaînes de désintégration de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232 ainsi que du potassium 40,
- un radionucléide naturel d'origine cosmogénique, le béryllium 7,
- un radionucléide artificiel, le césium 137 (provenant probablement des retombées des essais nucléaires militaires des années 50 / 60 et de l'accident de Tchernobyl en 1986).

Les niveaux d'accumulation anormalement élevés concernent les descendants de l'uranium 238 (thorium 234, thorium 230, radium 226, plomb 210), l'uranium 235 et les descendants du thorium 232.

6.2.2.1. Contamination par l'uranium 238 et ses descendants (radium 226, plomb 210)

Les mesures réalisées par la CRIIRAD montrent que la contamination des végétaux aquatiques de la Besbre (en uranium 238 et radium 226 en particulier) est très élevée en aval du point de rejet (9 000 Bq/kg sec en thorium 234-uranium 238 et 93 600 Bq/kg sec en radium 226 soit des valeurs respectivement 83 et 649 fois supérieures aux niveaux « naturels » mesurés en amont).

Au niveau du moulin de Saint-Priest, la contamination en uranium 238 et radium 226 est encore très significative pour les plantes collectées dans la Besbre (3 500 Bq/kg sec en thorium 234-uranium 238 et 37 800 Bq/kg sec en radium 226 soit des valeurs respectivement 32 et 262 fois supérieures aux niveaux naturels). Pour les plantes du Bief, on observe également une forte contamination en uranium 238 (4 300 Bq/kg sec) et radium 226 (8 900 Bq/kg sec). Le fait que les plantes du bief soient fraîches (donc a priori plus jeunes) et que les eaux de la Besbre soient mélangées avec les eaux d'un ruisseau qui n'est pas soumis aux rejets directs du site BNL peut expliquer que leur degré de contamination en radium 226 soit 4 fois inférieur à celui des plantes de la Besbre.

Cette contamination persiste très en aval des rejets du site BNL puisque elle est mesurable nettement jusqu'à au moins 30 km en aval du rejet (activités de l'uranium 238 et du radium 226 respectivement 4 et 7 fois supérieures aux valeurs mesurées en amont du site BNL).

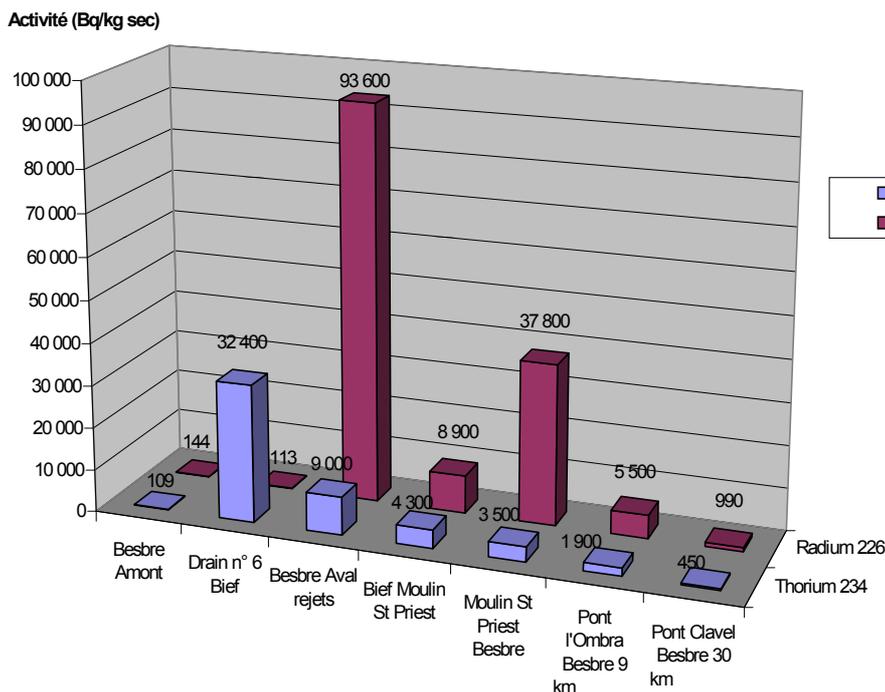
Ce constat est illustré par le [graphique ci-dessous](#).

Le cas particulier du drain N°6

Une contamination très élevée en uranium 238 (32 400 Bq/kg sec) est également mise en évidence dans les plantes du drain N°6. L'uranium 238 et l'uranium 235 sont détectés seuls, sans leurs descendants lointains (radium 226) ce qui démontre une migration spécifique de l'élément uranium dans les eaux de ce drain. L'origine de cette pollution devra être recherchée. Ce point a été soulevé par le représentant de la CRIIRAD lors de la réunion du CSST en date du 23 avril 2002.

COGEMA n'a pas apporté à ce jour d'explication satisfaisante à cette pollution.

Activité en uranium 238 (thorium 234) et radium 226 dans les plantes aquatiques (fontinales) / site BNL / mesures CRIIRAD



6.2.2.2. Contamination par le thorium 232 et ses descendants

Comme le montre le graphique ci-dessous, on observe également une forte accumulation des descendants du thorium 232 dans les plantes aquatiques en aval du point de rejet (facteur 14 à 15 pour l'actinium 228 pour les stations aval proche et moulin Saint-Priest) et jusqu'à 30 km (facteur 3 à Pont Clavel).

Ce phénomène d'accumulation des descendants du thorium 232 apparaît clairement avec les plantes aquatiques alors que les analyses de sédiments de la Besbre ne le mettaient pas aussi nettement en évidence.

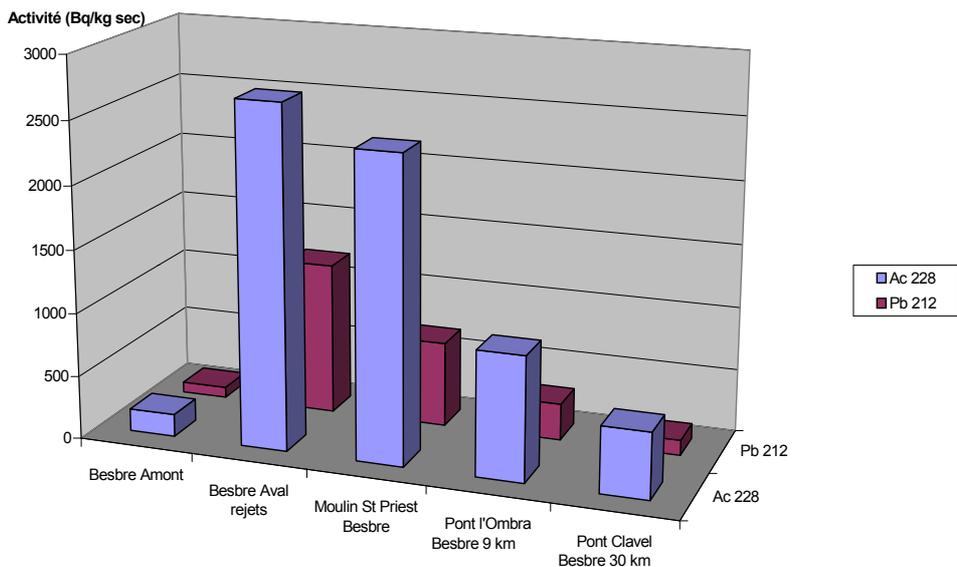
L'origine de cet excès d'actinium 228 devra être élucidée. En effet les activités mesurées¹⁶ par la CRIIRAD dans les sols et déchets solides analysés étaient classiques (40 à 150 Bq/kg sec) et comparables à l'activité moyenne de l'écorce terrestre (40 Bq/kg).

Par contre, les analyses de sédiments des bassins de décantation du site BNL et du dépôt solide prélevé dans les écoulements en sortie de l'ancienne mine d'uranium des Gadaillères montraient une accumulation en actinium 228 (respectivement 650 Bq/kg sec et 1 160 Bq/kg sec). Il est donc raisonnable de penser que certains sites miniers uranifères produisent une contamination par le thorium 232.

L'impact du site BNL en ce qui concerne le thorium 232 et ses descendants ne devra donc pas être négligé.

¹⁶ Dans la terre de jardin et le substratum de La Prugne (96 à 128 Bq/kg sec), le filon uranifère du BN9 (46 Bq/kg sec), les anciennes carottes du Grand Bassin (67 à 144 Bq/kg sec), les déchets solides prélevés sur la verse du Jot, le site SIMO et le chemin d'accès au montage M 116 (49 à 120 Bq/kg sec), les remblais de la piste au sud du site BNL et à la scierie Mondière (39 à 130 Bq/kg sec).

Accumulation des descendants du thorium 232 (actinium 228 et plomb 212) dans les plantes aquatiques (fontinales) de la Besbre / Mesures CRIIRAD



6.3. Contamination des sédiments et terres de berges

6.3.1. Objectifs / méthodologie

Dans le cadre de l'autocontrôle réglementaire COGEMA effectuée régulièrement des contrôles sur la qualité radiologique des eaux. Le laboratoire de la CRIIRAD a démontré à de nombreuses reprises dans le passé, que même si les activités en uranium et radium des eaux souillées rejetées dans l'environnement sont inférieures aux normes réglementaires, les dépôts de radionucléides dans les sédiments du milieu récepteur et les terres de berges épisodiquement recouvertes par les eaux conduisent bien souvent à des accumulations très significatives.

A l'issue des prédétections radiométriques et repérages sur le terrain, le laboratoire de la CRIIRAD a proposé au CSST une liste de points d'échantillonnage (cf rapport SPLP5 du 23 mai 2001 et [tableau T15 ci-dessous](#)). Une liste allégée de points d'échantillonnage a été finalement retenue par le CSST. La majorité des prélèvements ont été effectués conjointement par un technicien SUBATECH et un technicien CRIIRAD du 18 au 19 septembre 2002. Le quartage a été réalisé sur place.

	Prélèvement de sédiments	Prélèvements de terre	DG5 c/s ⁽¹⁾
Résidus frais du grand bassin			
Résidu 1 (sous eau)	1R Milieu en pied de digue 20/09 (tube)		
Résidu 2 (sous eau)	2R Rive sud du bassin 20/09 (tube)		
Zone délocalisée d'exploitation de l'uranium			
Chantier des Gadailières (galeries)		Dépôt E25DS E15T 19/09 (pelle)	6800
Chantier des Gadailières (galeries)	E25S 19/09 (pelle)		NM
Zone de surveillance des eaux (impact d'écoulements diffus)			
Secteur officiel Paradou Alim N°5 / Anomalie	E15S 19/09 (godet)		1100
Secteur officiel Sources N° 35 et 37 / Référence			140
Secteur officiel Sources N° 35 et 37 / RD Besbre			370
Secteur officiel Source N°17			230
Secteur officiel Sources N°4, 4b, 5, 6, 7, 8 / Max		E14T entre ferme et Pt 6 18/09 (tarière)	450
	E13S Mare N°8 18/09 (pelle)		NM
Secteur officiel Résurgences N°2 et 3 / RD Besbre		E12T RD 18/09 (pelle)	1000
Berges de la Besbre (amont)			
Amont Besbre 1	E28S20/09 (pelle)	E28T 20/09 (tarière)	NM
Amont Besbre 2	E16S 19/09 (pelle)		NM
Secteur en aval de la digue			
Evacuateur de crue			NM
Arrivée drains			NM
Sortie TBO			NM
Station de traitement des eaux	E2S 18/09 Godet (moitié dans chaque bassin)		NM
Clôture Nord-Est depuis Portail BNL (bief)		E7T 18/09 (pelle)	1400
Pied de digue / Rive Gauche Besbre / amont rejet	E5S 18/09 (pelle)	E5T 18/09 (tarière)	2 700
Besbre en aval des rejets de la station de traitement			
Secteur point de rejet COGEMA / Sur exutoire			5800
Rive Droite Besbre / environ 25 m aval rejet /	E8S 18/09 (pelle)	E8T 18/09 RD (tarière)	1 580
Moulin Saint-Priest (1,5 km aval)	E10S 19/09 RD (pelle)	E10T 18/09 RG (tarière)	350
Moulin St Priest N°2 Subatech	E27 S20/09 (pelle)	E27T 20/09 (tarière)	NM
Moulin Gitenay	E11S 18/09 (pelle)	E11T 18/09 (tarière)	890
Moulin Gitenay N°2 Subatech	E26S 20/09 (pelle)	E26T RD 20/09 (tarière)	NM
Moulin Jury (10 km aval, zone inondable sur 2 km)			280
Amont de Moulin Jury (10 km aval, zone inondable)			520
Pont l'Ombra (9 km aval)	E19S 18/09 (pelle)		NM
Barrage de Saint-Clément (12 km aval)	E17S 18/09 (pelle)		NM
Pont Clavel (30 km aval)	E18S 18/09 (pelle)		NM

Analyse effectuée par la CRIIRAD

(1) mesure de rayonnement gamma au contact du sol effectuée par la CRIIRAD lors des prédétections radiométriques

6.3.2. Résultats

Un certain nombre de stations de contrôle ont été recommandées par le laboratoire de la CRIIRAD suite à la détection d'un niveau de rayonnement gamma anormalement élevé mesuré lors des prédétections radiométriques au moyen de radiamètres SPP2 et DG5 sur les berges (cf dernière colonne du [tableau T15](#)).

Les analyses par spectrométrie gamma effectuées au laboratoire de la CRIIRAD ont confirmé des accumulations notables en uranium et radium 226 au niveau de ces stations (cf [Annexe 5](#)).

6.3.2.1. Les écoulements diffus en aval de la digue et aux Gadaillères

Les principaux résultats des analyses par spectrométrie gamma réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD dans des terres souillées par des écoulements diffus sont reportés dans le [tableau T16 ci-dessous](#). Y sont reportés également les valeurs de référence correspondant aux sédiments prélevés par la CRIIRAD en 1996 dans la Besbre en amont du site BNL et des terres naturelles du secteur.

Tableau T16 : principaux résultats CRIIRAD concernant les terres souillées par des écoulements diffus

	Uranium 238 (thorium 234)	Thorium 230	Radium 226	Plomb 210	Thorium 232 (actinium 228)	potassium 40
Références						
Sédiment Référence amont Besbre (1996)	87	< 173	85	109	86	1 349
Terre jardin Laprugne	114	< 280	108	105	128	1 210
Substratum La Prugne	57	< 190	59	47	96	1 200
Dépôts en zone d'influence						
Terre du Bief aval D6	930	1 700	2 000	1 500	99	1 340
Écoulement Paradou	2 100	530	1 450	770	180	1 050
Dépôts aux Gadaillères						
Les Gadaillères (dépôt)	32 200	< 1 000	13 700	99 500	1 160	336
Déchet TFA > 1 000 Bq/kg en U238						

Les analyses ont confirmé les contaminations suivantes :

- la terre du bief asséché situé en pied de digue, sous influence du drain n°6 : 930 Bq/Kg sec en thorium 234 et **2 000 Bq/kg** sec de radium 226,
- le secteur du Paradou, à plusieurs mètres des rives de la Besbre, dans une zone humide en pied d'une retenue d'eau : **1 450 Bq/kg** sec de radium 226,
- le dépôt solide au niveau de la sortie des eaux de la galerie de l'ancienne mine des Gadaillères : **13 700 Bq/kg** sec de radium 226.

A noter que tous ces secteurs contaminés ont été mis en évidence par le laboratoire de la CRIIRAD lors des prédétections radiométriques.

6.3.2.2. Les sédiments et terres des berges de la Besbre

Les principaux résultats des analyses par spectrométrie gamma réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD dans le cours de la Besbre ou les berges sont reportés dans le [tableau T17 ci-dessous](#). Y sont reportés également :

- les valeurs de référence correspondant aux sédiments prélevés par la CRIIRAD en 1996 dans la Besbre en amont du site BNL et,

- les analyses portant sur la fraction la plus contaminée d'une carotte réalisée par la CRIIRAD en décembre 1996 dans la retenue de Saint-Clément à environ 12 km en aval du site BNL.

Tableau T17 : principaux résultats CRIIRAD concernant les sédiments et terres de berges de la Besbre

	Uranium 238 (thorium 234)	Thorium 230	Radium 226	Plomb 210	Thorium 232 (actinium 228)	potassium 40
Références						
Sédiments Référence amont Besbre (1996)	87	< 173	85	109	86	1 349
Terre jardin Laprugne	114	< 280	108	105	128	1 210
Substratum La Prugne	57	< 190	59	47	96	1 200
Terres et sédiments Besbre aval site BNL						
Terre pied de digue (tourbière) amont station trait.	7 900	9 400	18 400	7 500	110	1 240
Sédiment pied de digue (tourbière) amont station trait.	6 300	7 200	9 800	5 400	134	700
Terre rive droite Besbre (25 m aval rejet)	5 900	2 800	10 600	4 100	120	1 420
Sédiment rive droite Besbre (25 m aval rejet)	510	280	770	390	110	1 600
Terre rive gauche Besbre (moulin Gitenay)	2 900	1 100	2 900	1 400	150	1 250
Sédiment rive gauche Besbre (moulin Gitenay)	690	390	620	340	120	1 550
Carotte retenue de St Clément (1996) (20-30 cm)	4 048	1 740	1 928	1 613	115	568

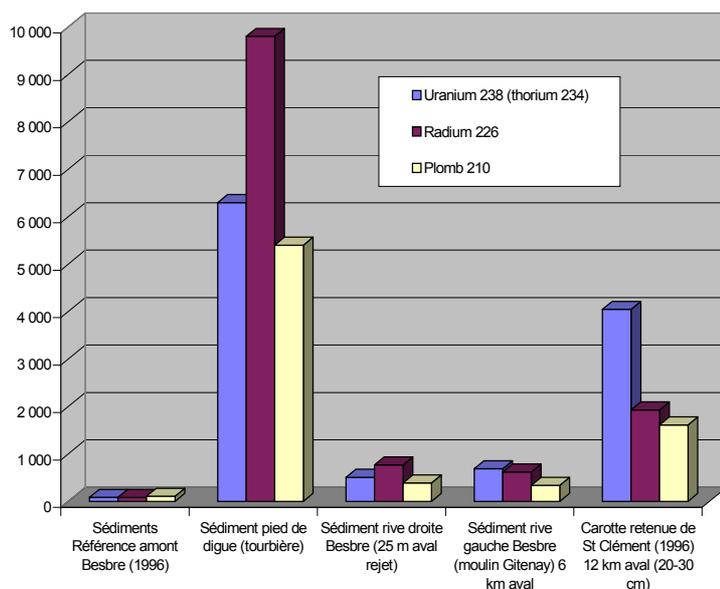
Déchets TFA > 1 000 Bq/kg en U238

Les sédiments

Les sédiments de la Besbre sont contaminés par des descendants de l'uranium 238 sur plusieurs kilomètres (cf [graphique ci-dessous](#)).

Les accumulations les plus significatives sont détectées en amont des rejets contrôlés, dans la tourbière en pied de digue (radium 226 : 9 800 Bq/kg sec, soit 115 fois plus qu'en amont du site BNL) et les sédiments de la carotte du barrage de Saint-Clément¹⁷, 12 km en aval (radium 226 : 1 928 Bq/kg sec soit 22 fois plus qu'en amont du site BNL).

Contamination des sédiments de la Besbre en aval du site BNL (Bq/kg sec) / mesures CRIIRAD



¹⁷ Cf étude CRIIRAD de 1997 pour le Collectif des Bois Noirs.

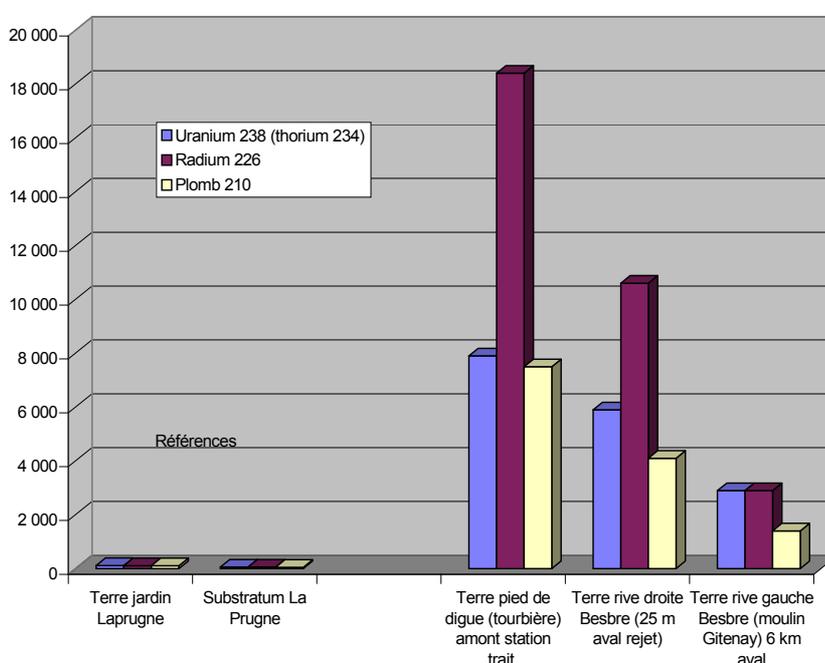
Les terres de berges

Les terres des berges de la Besbre sont contaminées par des descendants de l'uranium 238 sur plusieurs kilomètres (cf graphique ci-dessous).

Des anomalies radiométriques avaient été détectées par la CRIIRAD depuis le pied de digue jusqu'au moulin Gitenay à environ 6 kilomètres en aval (cf accumulations dans la tourbière en amont des rejets de la station de traitement, à 25 m en aval des rejets, au droit de la ferme du Jot, au moulin de Saint-Priest, au moulin Gitenay, au moulin Jury, etc...).

Il est important de souligner à ce propos que la contamination des terres de rives est nettement plus élevée¹⁸ que celle des sédiments du cours d'eau lui même. La contamination de la tourbière en pied de digue, en bordure de Besbre (rive gauche, en amont du point de rejet des bassins de traitement) est de **18 400 Bq/kg** sec de radium 226. On mesure **10 600 Bq/kg** sec à environ 25 mètres en aval du point de rejet et **2 900 Bq/kg** sec au niveau de moulin Gitenay.

Contamination des terres des berges de la Besbre (Bq/kg sec) / Mesures CRIIRAD



6.3.2.3. Insuffisance de l'autocontrôle

Cet impact n'est pas ou très insuffisamment mis en évidence par le dispositif d'autocontrôle de la COGEMA. En effet :

- les résultats d'analyse de sédiments réalisés par COGEMA (Besbre amont, zone de surveillance du Paradou, moulin Gitenay, pont de Lombra, lac de Saint-Clément, Pont de Clavel) ne sont pas communiqués¹⁹,

¹⁸ La contamination en uranium 238 et radium 226 des terres prélevées en rive droite de la Besbre, à 1 mètre de la rive, en aval du point de rejet des bassins de traitement, est 10 fois supérieure à celle du sédiment adjacent. Ce facteur est de l'ordre de 4 au niveau du moulin Gitenay

¹⁹ Le tableau 11 communiqué par COGEMA avec les annexes au cahier des charges ne comporte que les résultats des sédiments du Paradou.

- les contrôles effectués par COGEMA sur les sédiments sous-estiment a priori le pouvoir d'accumulation des terres de berge, d'autant que les sédiments de la Besbre sont très souvent sableux et ont un médiocre pouvoir de rétention des radionucléides par rapport aux terres de berge.
- les dosimètres environnement sont placés en des sites qui ne sont pas concernés par ce problème d'accumulation de radionucléides véhiculés par les eaux.

6.3.2.4. Insuffisance de la réglementation

On notera que la majorité des sédiments ou terres de berge listés ci-dessus doivent être considérés comme des déchets radioactifs (en référence aux seuils d'exemption de 10 000 Bq/kg pour le radium 226 et / ou de 1 000 Bq/kg pour l'uranium 238 en équilibre avec ses descendants).

Dans certains cas pourtant, la qualité radiologique des eaux rejetées semble compatible avec les normes réglementaires (< 0,37 Bq/l pour le radium 226 soluble et < 1,8 mg/l pour l'uranium soluble). C'est par exemple le cas des eaux du drain D6 . Le caractère insuffisant de ces normes a été mis en évidence et dénoncé par la CRIIRAD depuis une dizaine d'années.

La CRIIRAD recommande au CSST qu'il fasse évoluer cette situation.

6.4. La contamination des poissons

6.4.1. Poissons provenant du grand bassin

A partir des dosages effectués par l'OPRI sur les gardons et rotangles éviscérés prélevés par COGEMA, le 9 octobre 2001, dans le grand bassin de stockage des résidus, on peut estimer que :

- la consommation de 0,8 kg de poisson frais par an (valeur recommandée par l'IPSN dans son rapport de novembre 2001) représente une dose efficace engagée supérieure à 300 microSieverts (voire 500 microSieverts si l'on suppose que l'activité du thorium 230, non mesuré par l'OPRI est égale à celle du radium 226),
- supérieure à 1 000 microSieverts pour seulement 3 kg par an, voire seulement 2 kg par an (si l'on suppose que l'activité du thorium 230, non mesuré par l'OPRI est égale à celle du radium 226).

Ces résultats montrent que des mesures strictes doivent être prises (panneaux d'information, impossibilité d'accès) pour dissuader certaines personnes de la pratique la pêche dans le grand bassin.

Les principaux calculs sont reproduits dans le tableau T18 ci-dessous.

Tableau T18 : estimation de l'exposition interne par ingestion de poissons provenant du grand bassin / Analyses OPRI / calculs CRIIRAD

radionucléide	Activité en Bq/kg		Coef Dose adulte ($\mu\text{Sv}/\text{Bq}$) (1)	Dose engagée Pour 1 kg (μSv)	Contribution du radionucléide (%)
	Valeur mesurée	Valeur utilisée			
Uranium 238	27	27	4,5E-02	1,2	0,2%
Thorium 234	< 95	95	3,4E-03	0,3	0,1%
Uranium 234	26	26	4,9E-02	1,3	0,2%
Thorium 230	NM	1100	2,1E-01	231,0	36,0%
Radium 226	1100	1100	2,8E-01	308,0	48,0%
Plomb 214	400	400	1,4E-04	0,1	0,0%
Bismuth 214	370	370	1,1E-04	0,0	0,0%
Plomb 210	< 34	34	6,9E-01	23,5	3,7%
Bismuth 210	NM	34	1,3E-03	0,0	0,0%
Polonium 210	63	63	1,2E+00	75,6	11,8%

(1) Valeur issue de la directive Euratom 96 / 29 pour un adulte
(également recommandée par l'IPSN dans son rapport de novembre 2001).

Consommation Kg / an	Dose efficace μSv / an
1	641
0,8	513
3	1923
5	3205

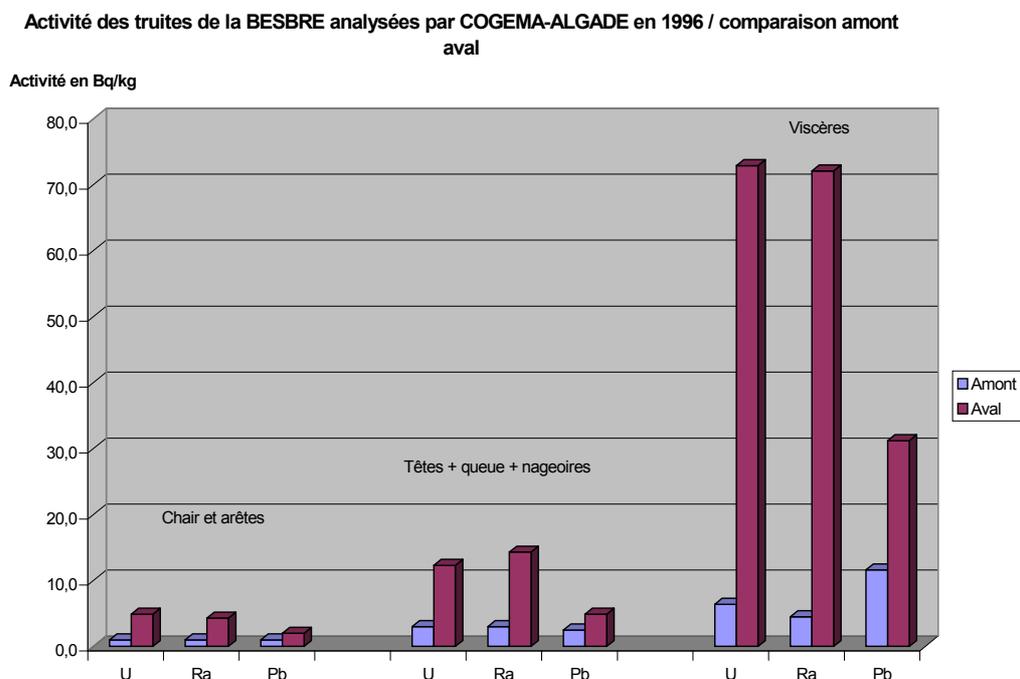
6.4.2. Poissons de la Besbre

Concernant les poissons de la Besbre, en amont et en aval des rejets du site BNL, en accord avec le CSST, aucun échantillonnage n'a été effectué dans le cadre de l'étude en cours ni par la CRIIRAD, ni par SUBATECH, pour des raisons de contrainte budgétaire (en accord avec le CSST).

Les mesures réalisées par COGEMA-ALGADE en 1996 sur la chair (avec arêtes) des truites indiquent des teneurs en uranium et radium 3 fois supérieures en aval (lieu exact à confirmer²⁰), par rapport à l'amont.

Cet écart est important également sur la fraction « tête+queue+nageoires » (facteur 3 à 4) et surtout sur les viscères (facteur supérieur à 10 pour uranium et radium).

Cet impact du site sur l'activité des poissons est illustré dans le [graphique ci-dessous](#).



Les analyses de la COGEMA-ALGADE ne portent que sur l'uranium 238, le radium 226 et le plomb 210, mais pas sur un certain nombre d'autres radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 :

- le polonium 210 qui présente pourtant une très forte radiotoxicité par ingestion (4 fois supérieure à celle du radium 226 et 27 fois supérieure à celle de l'uranium 238),
- le thorium 230 qui présente pourtant une très forte radiotoxicité par ingestion (4,7 fois supérieure à celle de l'uranium 238).

Pour effectuer des calculs de dose, nous supposons que l'activité du thorium 230 est égale à celle du radium 226 (son premier descendant) et celle du polonium 210 égale à celle du plomb 210 (son précurseur). Ces hypothèses ne sont pas forcément conservatoires dans la mesure où la solubilité de ces éléments dans l'eau et leur métabolisme dans la flore et la faune aquatique ne sont pas comparables.

Exposition ajoutée liée à la consommation des poissons de la Besbre

Nous avons reporté dans le [tableau T19 ci-dessous](#) les calculs de dose liée à la consommation des truites de la Besbre (et de chabots), à partir des mesures de radioactivité réalisées par COGEMA-ALGADE.

²⁰ Lors de la réunion du CSST en date du 23 avril 2002, monsieur Andres (COGEMA) a indiqué à monsieur Chareyron (CRIIRAD) qu'il s'agirait de l'aval du moulin de Saint-Priest (à confirmer). Les documents adressés par COGEMA à la CRIIRAD le 18 juin 2002, font état de « Pont de Thienon ».

Ces calculs sont effectués pour un adulte en supposant qu'il ne consomme que la chair (avec les arêtes) et que les poissons sont parfaitement éviscérés. Dans le cas où les viscères seraient consommées, les doses seraient 13 fois supérieures.

L'exposition ajoutée est de 6 microSieverts par an pour 1 kilogramme de truites et 32 microSieverts pour 5 kilogrammes. Ces valeurs seraient respectivement de 22 et 110 microSieverts pour la consommation des chabots. Cette voie d'exposition n'est donc pas négligeable sur le plan radiologique.

Tableau T19 : estimation de l'exposition interne par ingestion des truites et chabots de la Besbre / calculs CRIIRAD pour un adulte

Radionucléide	Truites (chair et arêtes)			Chabots (chair et arêtes)		
	Amont Besbre	Aval Besbre :	Activité ajoutée	Amont Besbre	Aval Besbre :	Activité ajoutée
	(truite)	moulin St-Priest (1) Truite		(chabot)	moulin St-Priest (1) Chabot	

Résultats COGEMA-ALGADE en Bq/kg frais (1996)

	Activité en Bq/kg frais : chair + arêtes			Activité en Bq/kg frais : chair + arêtes		
U 238	< 1	4,9	4,9	< 7	15	15,0
Ra 226	< 1	4,3	4,3	< 7	17,3	17,3
Pb 210	< 1	2,0	2,0	< 7	6,6	6,6

Calcul de l'exposition ajoutée (1996)

	Activité ajoutée	Coef Dose adulte	Dose engagée	Activité ajoutée	Coef Dose adulte	Dose engagée
	Bq/kg frais	($\mu\text{Sv/Bq}$) (2)	pour 1 kg (μSv)	Bq/kg frais	($\mu\text{Sv/Bq}$) (2)	pour 1 kg (μSv)
U8+Th234+Pa234m+U4	4,9	0,098	0,5	15,0	0,098	1,5
Thorium 230 ⁽³⁾	4,3	0,21	0,9	17,3	0,21	3,6
Radium 226	4,3	0,28	1,2	17,3	0,28	4,8
Plomb 210 (avec Bi et Po 210)	2,0	1,89	3,8	6,6	1,89	12,5

(1) Les documents COGEMA adressés le 18 juin 2002 font état de "Pont de Thiénon".

(2) Valeurs recommandées par l'IPSN dans son rapport de novembre 2001

(3) Activité prise égale par hypothèse à celle du radium 226

Consommation	Dose efficace
Kg / an	$\mu\text{Sv} / \text{an}$
1	6
0,8	5
2	13
3	19
5	32

Consommation	Dose efficace
Kg / an	$\mu\text{Sv} / \text{an}$
1	22
0,8	18
2	45
3	67
5	112

Bilan

L'existence d'un impact significatif dans le milieu aquatique, en aval du site BNL dans la Besbre, tant en ce qui concerne les sédiments que les plantes aquatiques, suggère qu'il existe un impact sur la faune aquatique (poissons, grenouilles, etc.). Ceci est démontré par les analyses réalisées par COGEMA-ALGADE en 1996. Elles montrent que les truites de la Besbre ont une radioactivité 2 à 16 fois supérieure en aval (selon le radionucléide et les organes étudiés). Les doses liées à l'ingestion de truites et chabots pêchés dans la Besbre entre moulin Thienon et moulin Saint-Priest ne sont pas négligeables (plusieurs dizaines de microSieverts par an en fonction des quantités consommées).

Les contrôles réalisés sur le milieu aquatique devront être renforcés (fréquence annuelle, vérification du fait que les espèces étudiées sont représentatives en termes de capacités d'accumulation de radionucléides et en termes de consommation), dosage spécifique du thorium 230 et du polonium 210.

La question de l'efficacité du traitement des eaux de la mine et du bassin devra être posée.