

## 4. VECTEUR AIR / EVALUATION DE L'EXPOSITION AU RADON

### 4.1. Notions préliminaires

Le radon 222 émane de l'écorce terrestre du fait de la désintégration du radium 226 présent naturellement dans le sol (cf chaîne de désintégration de l'uranium 238 en [annexe 1](#)).

Il existe donc une présence naturelle de radon dans l'air extérieur d'une part, et dans les bâtiments d'autre part. Cette présence est d'ailleurs la première source naturelle d'exposition aux rayonnements ionisants en France.

**Le fait de résider dans des locaux présentant une concentration en radon 222 de 60 Bq/m<sup>3</sup> représente une exposition annuelle de l'ordre de 1 000 microSieverts (données officielles de la CIPR) pour un taux d'occupation de 0,8 (7 000 heures par an).**

L'activité moyenne annuelle du radon est très variable d'un site à un autre en fonction des caractéristiques du sous-sol, des matériaux de construction, des choix architecturaux, etc..

**Dans la mesure où le secteur de Saint-Priest-La-Prugne a été l'objet d'une extraction de minerai uranifère et donc radifère, et compte tenu de la période physique du radium 226 (1 600 ans), il est très probable que l'activité du radon 222 soit, en certains endroits du secteur, supérieure au niveau naturel avant exploitation de la mine :**

- dans l'air extérieur, sur le site minier et dans son environnement proche (émanation de radon par les stériles miniers et minerais, par les résidus d'extraction de l'uranium, par les bouches d'aérages des travaux souterrains, par les eaux d'exhaure et les eaux souterraines, etc...),
- dans les bâtiments, en particulier dans le cas de la réutilisation de stériles miniers riches en radium 226 à proximité des bâtiments voire dans leurs fondations.

### 4.2. Résultats des mesures CRIIRAD

Les résultats des mesures réalisées par la CRIIRAD ont été présentés dans la note CRIIRAD [SPLP6](#). Ils sont rappelés ci-dessous.

**Tableau T7 mesure de l'activité en radon 222 dans l'air ambiant**

Localisation	Date pose <sup>(1)</sup>	N° Film LR 115 <sup>(2)</sup>		dépose	Durée exposition (jours)	Radon 222 (Bq/m <sup>3</sup> )	
		O	F			Ouvert	Fermé
<b>Mesures de radon en extérieur</b>						<b>Ouvert Fermé</b>	
Bassin station traitement (entre TBO et STE)	11/06/01 18:30	129 622	129 623	20/09/01	101	364	533
Moulin Poyet (Est remblai)	12/06/01 19:15	129 624	129 625	20/09/01	100	103	62
La Prugne - jardin (3 m dosi Algade)	13/06/01 15:15	129 626	129 627	20/09/01	99	58	34
Scierie Mondière - Haie	13/06/01 16:45	129 628	129 629	20/09/01	99	52	53
<b>Mesures de radon en intérieur (activité exprimée en Bq/m<sup>3</sup> de radon 222 pour F=0,4)</b>						<b>Ouvert</b>	
Scierie Mondière (local affutage)	13/06/01 17:10	129 630		20/09/01	99	7 720	
Moulin Poyet (chambre sur cave)	13/06/01 19:00	129 631		20/09/01	99	724	
Moulin St-Priest Maison Goutorbe (séjour)	05/07/01 18:00	129 330		20/09/01	77	387	
St Priest la Prugne - Maison Cazorla (Salle à Manger)	13/06/01 19:45	129 632		20/09/01	99	355	

(1) : Les capteurs sont posés à h = 1 m au dessus du sol

(2) : En extérieur, les films LR 115 sont exposés ouverts (O) et fermés (F), afin de tenir compte du facteur d'équilibre

## 4.3. Exposition ajoutée à l'intérieur des bâtiments (radon)

### 4.3.1. Remarques concernant la métrologie

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD et SUBATECH sont reproduits dans le [tableau T8 ci-dessous](#).

**Tableau T8 mesures CRIIRAD et SUBATECH : activité du radon 222 dans l'air ambiant (Bq/m<sup>3</sup>).**

Localisation des capteurs	Point proposé par la CRIIRAD (1) pour radon	Mesure radon LR 115 3 mois CRIIRAD (film ouvert)	Mesure radon SUBATECH (film ouvert)	Ecart SUBATECH / CRIIRAD
<b>Habitats témoins</b>				
Ref : mairie de Saint-Priest-La-Prugne	Non	Non	250	-
Ref : maison de M. Seignole	Oui	Non	620	-
Ref : La Poste	Non	Non	47	-
Ref : Maison Mme Cazorla	Non	355	327	0,9
<b>Bâtiments concernés par la réutilisation de stériles miniers</b>				
Scierie Mondière : local d'affutage	Oui	7720	7097	0,9
Moulin Poyet : chambre au-dessus cave	Oui	724	696	1,0
Restaurant Le Paradou	Oui	Non	impossible	-
Foyer de Ski de Fond (salle restaurant)	Oui	Non	141	-
<b>Habitats bord Besbre</b>				
Moulin Saint Priest	Oui	387	1250	Lieu différent
<b>Usine SIMO</b>				
Site SIMO Usine B3	Oui	Non	695 endom.	-

(1) : note CRIIRAD SPLP5 discutée en réunion du 23 mai 2001 ou proposition orale le 23 mai 2001



Site retenu pour mesure du radon

Site faisant l'objet d'une mesure par CRIIRAD et SUBATECH

On observe un très bon accord entre les mesures CRIIRAD et SUBATECH pour les 3 sites comparables (écart inférieur à 10 %). Au niveau du site de moulin Saint-Priest, l'écart important (facteur 3) est dû au fait que les capteurs ne sont pas dans la même pièce.

### 4.3.2. Mise en évidence de l'impact lié aux activités minières : le cas de la scierie Mondière

Le seul bâtiment retenu pour la mesure du radon en intérieur et pour lequel des remblais miniers étaient présents directement sous les pièces occupées est la scierie Mondière. Compte tenu des niveaux de radon très élevés mesurés par la CRIIRAD (et SUBATECH) dans les locaux de la scierie, ce dossier a fait l'objet d'un traitement particulier (cf lettre CRIIRAD du 7 décembre 2001, reproduite en [annexe 2](#)).

Dans ce cas, l'impact dosimétrique, pour la seule contribution du radon, est très nettement supérieur à la limite maximale admissible de 1 000 microSieverts par an (cf Annexe 2).

**Outre le traitement sans délai de la salle d'affûtage de la scierie Mondière et la préparation d'un programme d'enlèvement des remblais radioactifs, Il est indispensable de recenser rapidement tous les sites de la région concernés par la réutilisation de remblais de la mine et d'y réaliser un diagnostic radon.**

Il conviendrait en particulier de vérifier l'activité du radon à l'intérieur des locaux de la scierie de Bellechasse et de la scierie Chabrier (bourg de Saint-Priest) dans la mesure où l'utilisation de remblais issus de la mine est avérée tout au moins en extérieur<sup>7</sup> des bâtiments.

Il conviendrait de vérifier également la situation du restaurant du Paradou (remblais identifiés dans la cour) et des hangars à moulin Thienon en bord de Besbre et aux Gadaillères (remblais identifiés sur le terre-plein).

### 4.3.3. La question de l'impact lié aux activités minières : le cas des maisons individuelles ?

Concernant les maisons individuelles, 2 sites potentiellement « à risque du fait des activités minières » ont fait l'objet de mesures de radon :

- Moulin Poyet, du fait de la présence de déchets miniers dans la cour et dans le garage (ouvert mais en communication avec la cave située sous la cellule habitée).
- Moulin de Saint-Priest du fait de sa situation à proximité de la Besbre, en aval hydraulique du point de rejet du site BNL.

Ces 2 sites sont situés de plus sous influence du site BNL, par rapport aux vents dominants, dans la vallée.

Compte tenu des niveaux de radon 222 relativement élevés mesurés au cours du 3ème trimestre 2001 dans ces 2 habitations - de l'ordre de 700 Bq/m<sup>3</sup> (mesure CRIIRAD et SUBATECH) dans la chambre au dessus de la cave à Moulin Poyet et 1 250 Bq/m<sup>3</sup> (mesure SUBATECH) dans la cuisine au Moulin de Saint-Priest - la CRIIRAD a réalisé, sur ses fonds propres, des mesures complémentaires. En effet, le CSST, lors de sa réunion du 11 décembre 2001 a refusé de prendre en charge des mesures complémentaires dans ces 2 habitations.

#### Moulin Poyet

Les 5 films Kodalpha placés du 11 décembre 2001 au 8 janvier 2002 à Moulin Poyet ont révélé une activité en radon 222 comprise entre 129 Bq/m<sup>3</sup> (salle de bain au RdC) et 447 Bq/m<sup>3</sup> (cave adjacente au garage). L'activité dans les chambres au 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> étage était respectivement de 216 et 188 Bq/m<sup>3</sup>. L'activité mesurée dans le passage entre la cuisine et la chambre située au dessus de la salle à manger était de 240 Bq/m<sup>3</sup> soit une valeur 3 fois inférieure à celle mesurée par la CRIIRAD du 13 juin au 20 septembre 2001. Cette diminution est très probablement due à une meilleure aération de l'habitat depuis la fin 2001 (ouverture fréquente des fenêtres).

Les résultats de ces mesures montrent que l'exposition au radon dans cette maison n'est pas négligeable (de l'ordre de 200 Bq/m<sup>3</sup> dans les pièces habitées). Elle est en limite de la valeur maximale de 200 Bq/m<sup>3</sup> recommandée par l'OMS. **Il est important de maintenir de bonnes conditions d'aération car le potentiel radon reste élevé.**

<sup>7</sup> Les contrôles radiométriques préliminaires réalisés par l'équipe CRIIRAD, le 5 avril 2002, à la scierie Chabrier, confirment la présence de remblais de la mine en extérieur (blocs à 1 800 c/s DG5) et à l'intérieur (fond de fosse à 1 300 c/s, ciment à 850 c/s), pour un bruit de fond de 150 à 260 c/s (goudron de la route).

**Les autorités doivent imposer à l'exploitant d'enlever les remblais actifs présents dans la cour. Nous avons recommandé au propriétaire, en décembre 2001, d'enlever le bloc le plus actif présent à l'entrée du garage (7  $\mu\text{Sv/h}$  LB 123 au contact).**

Cet assainissement doit être réalisé sans attendre une éventuelle étude complémentaire qui permettrait de déterminer la fraction du radon qui peut être imputable d'une part au site minier proche (dégazage des eaux de la Besbre, transport direct du radon atmosphérique) et d'autre part aux déchets présents dans la cour et le garage.

### **Moulin Saint-Priest**

Les 5 films Kodalpha placés du 11 décembre 2001 au 8 janvier 2002 au Moulin Saint-Priest ont révélé de très fortes accumulations de radon : **2 286 Bq/m<sup>3</sup> à la cave, 1 000 Bq/m<sup>3</sup> dans la cuisine (RdC), 1 200 Bq/m<sup>3</sup> dans deux des chambres du premier étage.**

La mesure réalisée au séjour (382 Bq/m<sup>2</sup>) a confirmé la précédente évaluation.

Compte tenu du caractère très élevé de ces activités, les résultats ont été communiqués par téléphone au propriétaire. La note adressée par la CRIIRAD au propriétaire le 30 janvier 2002 est reproduite en [annexe 3](#) (avec son autorisation).

**La détermination de la fraction du radon qui peut être imputable d'une part au site minier proche (dégazage des eaux de la Besbre dans l'air extérieur et des eaux d'infiltration dans la cave, transport direct du radon atmosphérique depuis la digue) et d'autre part aux matériaux actifs rapportés (sable de la Besbre incorporé à une dalle du hangar, déchets solides en remblai d'un chemin proche) nécessiterait un étude complémentaire.**

## 4.4. Exposition ajoutée dans l'air extérieur (radon 222)

La détermination de l'exposition ajoutée dans l'air extérieur est très difficile sur le plan méthodologique. De ce point de vue, les mesures effectuées dans le cadre de la présente étude par SUBATECH (conformément au cahier des charges) doivent être considérées comme un diagnostic préliminaire, mais ne permettent pas encore une évaluation fine de l'impact. En effet, outre les problèmes de métrologie qui seront évoqués ci-dessous, deux difficultés ne pouvaient être totalement surmontées dans le cadre de cette étude :

- la détermination du niveau naturel (référence) est effectuée à partir de seulement 2 stations (clairière Leydy et La Prugne) ce qui est insuffisant, compte tenu de la variabilité du paramètre étudié,
- à l'impact du site BNL lui-même (y compris les ouvrages débouchant au jour) peut s'ajouter celui, très diffus, lié à la dissémination de remblais actifs dans pratiquement toutes les directions. Une étude fine de l'impact spécifique du site BNL nécessiterait la pose d'un plus grand nombre de capteurs placés sur des cercles concentriques de rayon croissant.

### 4.4.1. Problèmes de métrologie

Compte tenu du budget alloué, et conformément à la proposition acceptée par la municipalité de Saint-Priest la Prugne, le laboratoire de la CRIIRAD n'a procédé qu'à quelques mesures de radon, pour comparaison avec celles effectuées par le laboratoire choisi par l'état.

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD (4 stations) et SUBATECH (23 stations) au moyen de films LR 115 sont reproduits dans le [tableau T9 ci-dessous](#).

Y sont reportées également les mesures d'EAP (Energie Alpha Potentielle) effectuées par SUBATECH dans l'air extérieur en 3 stations (appareil TRACERLAB) et les mesures d'EAP réalisées par COGEMA-ALGADE dans le cadre de l'autocontrôle permanent.

On observe une forte incohérence entre les mesures CRIIRAD et SUBATECH. En effet, sur les 3 sites où la comparaison est possible, SUBATECH mesure 3 à 4 fois plus de radon 222, alors que les mesures sont effectuées au moyen de films sous gobelet par les 2 laboratoires (les films CRIIRAD étaient disposés sous abri météo afin de limiter le dépôt de poussières). Cet écart devra être analysé par le CSST.

Certains des capteurs utilisés par SUBATECH ont par ailleurs été reposés de novembre 2001 à février 2002 (digue entre les 2 bassins, pied de digue), d'autres ont été retrouvés à terre (la mesure n'est donc pas fiable : BN2 et site SIMO).

Le nombre de résultats utilisables et comparables (même période d'exposition) est donc de 19 mesures.

**Pour l'instant nous considérerons en relatif les 19 résultats de mesure réalisés par SUBATECH<sup>8</sup>.**

---

<sup>8</sup> Les mesures réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD, compte tenu de leur faible nombre : 4 stations, sont insuffisantes pour étudier l'impact. Elles avaient pour seul objet de réaliser une intercomparaison ponctuelle afin de vérifier la cohérence des mesures du laboratoire retenu par l'état

Tableau T9 mesures CRIIRAD, SUBATECH et COGEMA-ALGADE : activité du radon 222 dans l'air extérieur (Bq/m3)

Localisation des capteurs	Point proposé par la CRIIRAD (1) pour radon	Mesure radon LR 115 (3 mois) Résultat CRIIRAD (film ouvert)	Mesure radon LR 115 (3 mois) Résultat CRIIRAD (film fermé)	Mesure radon SUBATECH (film fermé)	Ecart SUBATECH / CRIIRAD	Mesure TRACERLAB Rn 222 : EAP (nJ/m3)	EAP ALGADE Rn 222 (nJ/m3) 1er semestre 2000	
<b>Environnement naturel, hors de l'influence présumée du site</b>								
REF 1 : Clairière Leydy (Ouest)	Oui	Non	Non	111	-			Laprugne 98
REF 2 : La Prugne jardin, 3 m du Dosi ALGADE	Oui	58	34	128	3,8	41,66 (70 si F=0,1)	34	
REF 2 : La Prugne substratum	Non	Non	Non	Non	-			
Indice uranifère BN 9 en forêt	Oui	Non	Non	277	-			
<b>Environnement proche du site BNL</b>								
Amont BNL : sous viaduc des Peux	Non	Non	Non	127	-			
Nord site BNL : Le Vernois	Non	Non	Non	248	-			
Sud site BNL : Bois Vernois	Non	Non	Non	58	-			
Piste Sud site BNL (intersection ferme Jot, M116, M122)	Oui	Non	Non	878	-			
<b>Site BNL</b>								
Site BNL : entre P2 et P3	Oui	Non	Non	581	-			
Site BNL : fond MCO	Oui	Non	Non	864	-	(479 si F=0,1)	112	(station MCO ?)
Site BNL : station traitement eaux vers TBO	Oui	364	533	351 (reposé)	période différ.			
Site BNL : sommet de digue	Non	Non	Non	?	-	118,5		
Site BNL : dosimètre ALGADE local réactif	Non	Non	Non	Non	-			
Site BNL : digue du bassin annexe	Non	Non	Non	350 (reposé)	-	(??)	102	(Station BNL Digue en 98) ?
Site SIMO	Non	Non	Non	695 (à terre)	-			
<b>Terrain COGEMA : ouvrages débouchant au jour</b>								
Ouvrage jour : montage M122	Oui	Non	Non	372	-			
Ouvrage jour : puits BN3	Oui	Non	Non	323	-			
<b>Terrain COGEMA : exploitation délocalisée</b>								
exploitation délocalisée : Gadaillères	Oui	Non	Non	173	-			
exploitation délocalisée : BN2	Non	Non	Non	450 (à terre)	-			
<b>Sites pouvant être concernés par la réutilisation de stériles miniers</b>								
Hangar de moulin Thienon (stériles miniers + bord Besbre)	Oui	Non	Non	181	-	(100 si F=0,1)	109	Moulin Thienon
Parking du Paradou (stériles miniers)	Oui	Non	Non	Enlevé	-			
Scierie Mondière (haie en bordure plate-forme avec stériles)	Oui	52	53	173	3,3			
Cour maison Moulin Poyet (stériles miniers)	Oui	103	62	270	4,4	(150 si F=0,1)	101	(Moulin St Priest ou Poyet ??)
Scierie de Bellechasse	Non	Non	Non	148	-	(82 si F=0,1)	29	Bellechasse Hameau
Scierie Chabrier	Non	Non	Non	253	-			
<b>Aval hydraulique bord de Besbre</b>								
Moulin Saint-Priest	Non	Non	Non	199	-	80,25		
Moulin Gitenay	Non	Non	Non	200	-			

#### 4.4.2. Mise en évidence de l'impact lié aux activités minières

Les 19 mesures réalisées par SUBATECH montrent que :

- le site BNL est un terme source important pour le radon : les activités mesurées sur site (entre P2 et P3, fond MCO), sont 4 à 8 fois supérieures aux mesures de « référence ». [A proximité de la station de traitement des eaux en pied de digue, la CRIIRAD mesure 15 fois plus de radon qu'à la « référence » de Laprugne. La mesure réalisée par SUBATECH en ce lieu entre novembre 2001 et février 2002 donne une valeur 3 fois supérieure aux références de la clairière Leydy et La Prugne ],
- on observe des valeurs très élevées dans le domaine public, sur la piste au sud du site BNL (valeur 8 fois supérieure aux « références »), il conviendrait de déterminer s'il s'agit de l'impact direct du site BNL et / ou des émanations dues aux matériaux actifs utilisés par COGEMA en remblai de cette piste,
- les ouvrages débouchant au jour (M122, BN3) présentent également des activités en radon environ 3 fois supérieures aux « références »,
- l'activité à moulin Poyet est environ 2 fois supérieure aux « références ». [La CRIIRAD y mesure également environ 2 fois plus de radon qu'à la « référence » de Laprugne.],
- l'activité à moulin Saint-Priest et moulin Gitenay, en aval hydraulique du site BNL, est environ 2 fois supérieure aux « références ».

### 4.4.3. Insuffisance de l'autocontrôle

COGEMA-ALGADE dispose actuellement de 6 dosimètres de site (une référence à Laprugne, 2 stations sur site : MCO et station BNL digue, 3 dans l'environnement proche : moulin Thienon, moulin Saint-Priest / Poyet = Paradou, hameau de Bellechasse).

Les résultats ALGADE reportés dans le [tableau T9](#) page précédente montrent que l'EAP du radon 222 est comparable à la « référence » de Laprugne au niveau du hameau de Bellechasse, mais :

- 3 fois supérieure sur les stations MCO et « BNL digue » au cœur du site,
- et également 3 fois supérieure au niveau de moulin Thienon et « moulin Saint-Priest / Poyet = Paradou ».

**Les résultats SUBATECH et CRIIRAD commentés ci-dessus montrent (en relatif) que les dosimètres Algade ne rendent pas compte de l'impact réel sur site (facteur 4 à 15 et non pas 3) et dans son environnement proche (jusqu'à un facteur 8 et non pas 3).**

**Il est donc nécessaire de réaliser des mesures complémentaires en pied de digue, sur la piste sud du site BNL, au niveau des ouvrages débouchant au jour, etc.**

En effet, COGEMA n'a pas réalisé d'étude préalable permettant d'une part de choisir des sites de référence représentatifs et d'autre part d'implanter les capteurs « environnement proche » en fonction des résultats d'une étude sur la dispersion du radon produit sur le site BNL.

De plus, COGEMA n'a pas tenu suffisamment compte, dans sa stratégie de mesure, du problème de la dissémination de matériaux actifs utilisés par la population comme remblai<sup>9</sup>.

### 4.4.4. Evaluation dosimétrique préliminaire

En l'absence de mesures fiables au niveau des points complémentaires cités plus haut, on ne peut effectuer un calcul d'impact.

A défaut, on peut néanmoins considérer que l'exposition ajoutée pour le groupe critique est au minimum celle mesurée par ALGADE au niveau des stations de moulin Thienon et « moulin st-Priest / Poyet = Paradou ». Cette évaluation est a minima puisque l'étude en 19 points révèle que d'autres secteurs sont plus exposés.

Au vu des mesures ALGADE, on peut estimer que l'EAP ajoutée au niveau des stations de moulin Thienon et « moulin st-Priest / Poyet = Paradou » est respectivement de 81 et 68 nJ/m<sup>3</sup> (moyenne sur plusieurs années).

Ces calculs figurent dans [le tableau T10 ci-après](#).

L'exposition interne ajoutée (inhalation du seul radon 222) est alors au minimum :

- de l'ordre de 100 microSieverts par an pour 20 % du temps passé en extérieur et,
- de l'ordre de 400 à 500 microSieverts par an, pour 80 % du temps passé en extérieur (soit les 7 000 heures imposées par le décret 90-222).

---

<sup>9</sup> Le seul capteur correspondant à ce critère était en effet celui posé de 1997 à 1998 à la scierie de Bellechasse.

**Tableau T10 : évaluation a minima de l'exposition ajoutée par inhalation du radon 222 dans l'air extérieur / mesures ALGADE**

Lieu	Période de mesure	EAP Rn 222 (nJ/m3)
------	-------------------	--------------------

**Exemples de mesures dans l'environnement naturel de la région**

La Prugne (jardin)	1992-1998	30
--------------------	-----------	----

**Mesures en zone sous influence**

Moulin Thienon (station éloignée de la Besbre)	1998-2000 (1er semestre)	111
Moulin St-Priest / Poyet ??	1990-1998	98

**EAP ajoutée en zone sous influence**

Moulin Thienon (station éloignée de la Besbre)		81
Moulin St-Priest / Poyet ??		68

**Exposition interne ajoutée<sup>1</sup> en zone sous influence (pour 20 % du temps en extérieur):**

1753 heures par an

	Millijoules (mJ)	microSieverts (μSv) <sup>2</sup>
Moulin Thienon (station éloignée de la Besbre)	0,114	125
Moulin St-Priest / Poyet ??	0,095	105

**Exposition interne ajoutée<sup>1</sup> en zone sous influence (pour 80 % du temps en extérieur):**

7012 heures par an

	Millijoules (mJ)	microSieverts (μSv) <sup>2</sup>
Moulin Thienon (station éloignée de la Besbre)	0,454	500
Moulin St-Priest / Poyet ??	0,381	420

Note 1 : débit d'inhalation standard de l'adulte : 0,8 m<sup>3</sup>/h

Note 2 : CIPR 65 : convention de conversion pour le public à domicile : 1 mJ.h.m<sup>-3</sup> = 1,1 mSv