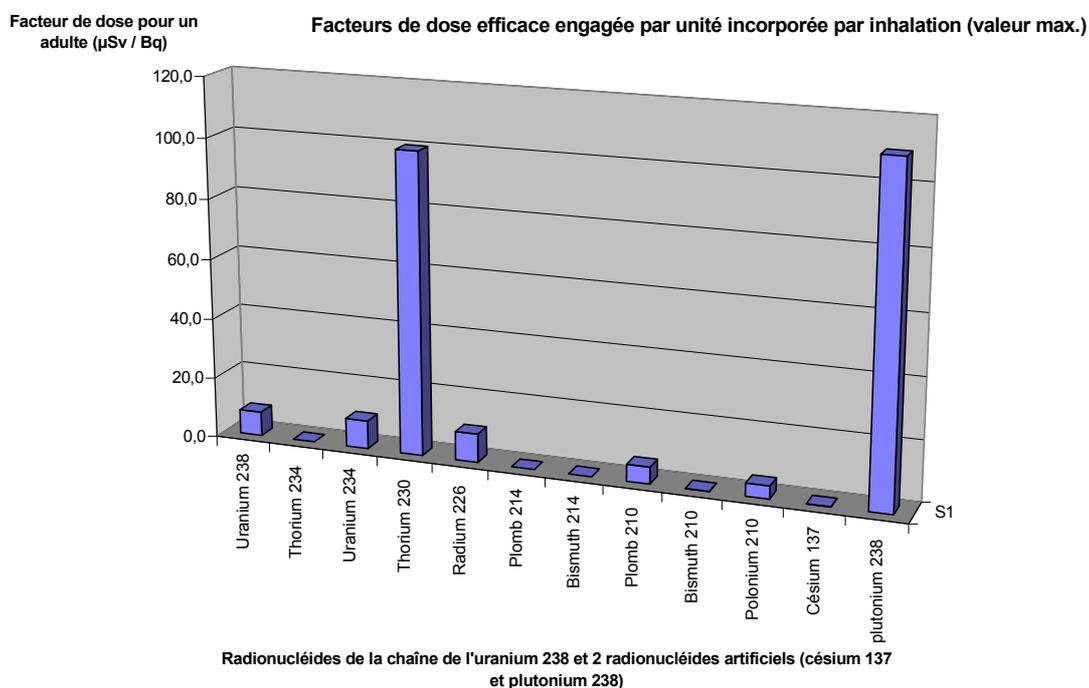


5. VECTEUR AIR / EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX POUSSIÈRES

5.1. Notions préalables

L'uranium 238 et surtout certains de ses descendants sont très radiotoxiques par inhalation.

A titre indicatif, les facteurs de dose efficace engagée pour un adulte (valeur la plus pénalisante), pour les principaux radionucléides de la chaîne de l'uranium 238, sont comparés dans le [graphique ci-dessous](#) à ceux de 2 radionucléides artificiels, le césium 137 (émetteur bêta) et le plutonium 238 (émetteur alpha).



Ce graphique illustre le fait que le **thorium 230**, présent dans le minerai d'uranium avec une activité égale à celle de l'uranium 238, est aussi toxique que le plutonium 238 par inhalation.

Les uranium 238 et 234, le radium 226, et le polonium 210 (émetteurs alpha) comme le plomb 210 (émetteur bêta) sont également très radiotoxiques par inhalation. Il suffit d'inhaler 100 à 230 becquerels de ces radionucléides pour dépasser la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an. Pour cette voie d'exposition, ces radionucléides sont plus de 100 fois plus radiotoxiques que le césium 137.

Le rapport IPSN « *méthode d'évaluation de l'impact des sites de stockage de résidus de traitement de minerais d'uranium / Novembre 2001* », rédigé à la demande du Ministère de l'Environnement, précise page 17 : « *Les poussières véhiculées par le vent depuis le site, ou la remise en suspension de particules contaminées, contribuent également à l'exposition interne par inhalation. Cette exposition est calculée à partir de l'activité volumique due aux émetteurs alpha à vie courte présents dans les poussières en suspension dans l'air* ».

Cette phrase est erronée, en effet, la réglementation impose aux exploitants miniers de mesurer au contraire l'activité des émetteurs alpha à vie longue (EAVL) dans l'air ambiant.

5.2. Méthodologie

5.2.1. Choix des sites d'échantillonnage

Dans la note SPLP5 en date du 23 mai 2001, le laboratoire de la CRIIRAD recommandait à l'issue des prédétections radiométriques, de rechercher systématiquement les situations où le taux de production de poussières et l'activité des sols sous-jacents est importante.

La liste proposée par la CRIIRAD pour les échantillonnages de poussières comportait les 4 stations suivantes :

- ◆ Plate-forme de la scierie Mondière (remblayée en stériles + risque d'envol de poussière suite au passage de camions),
- ◆ Parking du Foyer de Ski de fond (remblayé en stérile + site fréquenté),
- ◆ Chemin de la ferme du Jot vers M122 et M116 (présence de stériles et situation au Sud-est du site),
- ◆ Pied de la digue ou proximité du local à réactif (point soumis à l'influence des vents + poussières lors de l'agrandissement du local à réactifs).

SUBATECH proposait les 4 stations suivantes : un amont du site, la digue, moulin Thienon et moulin de Saint-Priest.

Le CSST a finalement retenu les stations : plate-forme de la Scierie Mondière, parking du foyer de Ski de fond, pied de digue près de la station de traitement des eaux, moulin Poyet.

5.2.2. Choix de la méthodologie de mesure

Dans la note SPLP5 en date du 23 mai 2001, le laboratoire de la CRIIRAD a rappelé que pour des raisons budgétaires, il ne réaliserait pas de prélèvements de poussières¹⁰, mais effectuerait des calculs d'exposition à partir de l'activité massique des sols et de valeurs standard du taux d'empoussièrément.

La CRIIRAD a demandé que le taux d'empoussièrément soit mesuré par SUBATECH, par pesée des filtres avant et après échantillonnage de l'air ambiant. Cette demande a été acceptée par le CSST.

¹⁰ Rappel : le laboratoire de la CRIIRAD avait proposé en réponse au cahier des charges de louer à l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) des préleveurs haut-débit (30 m³/h et plus selon le risque de colmatage), type digital DA 80, tête PST qui échantillonnent l'air ambiant au travers de filtres en GORE-TEX. Le taux d'empoussièrément de l'air est alors mesuré par l'INERIS par pesée des filtres avant et après échantillonnage. Les filtres seraient analysés par spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD. Les seuils de détection typiques pour 5 jours d'échantillonnage seraient de 150 µBq/m³ pour l'uranium 238/thorium 234, 800 µBq/m³ pour le thorium 230, 25 µBq/m³ pour le radium 226 et 300 µBq/m³ pour le plomb 210.

5.3. Résultats des mesures COGEMA / ALGADE et SUBATECH

Concernant la radioactivité des poussières contenues dans l'air autour du site BNL et dans l'environnement proche, **les données disponibles sont insuffisantes, tant sur les plans quantitatif que qualitatif, pour réaliser une évaluation dosimétrique.** En effet :

- les mesures réalisées en permanence par COGEMA / ALGADE au niveau des 6 stations de contrôle¹¹ donnent des résultats d'EAVL systématiquement inférieurs aux limites de détection des appareillages utilisés ($< 1 \text{ mBq/m}^3$),
- les mesures réalisées par SUBATECH au moyen de préleveurs installés à la **scierie Mondière** (du 4 au 19 septembre 2001), à **Moulin Poyet** (du 19 septembre au 16 octobre 2001), en **piéd de digue** du site BNL (du 5 au 26 juillet 2001) et devant le **foyer de ski de fond** (du 6 août au 4 septembre 2001), donnent des activités en thorium 234 et radium 226 inférieures aux limites de détection des méthodes utilisées ($< 0,2$ à $0,4 \text{ mBq/m}^3$ pour le thorium 234 et $< 0,4$ à $0,9 \text{ mBq/m}^3$ pour le radium 226). La seule activité significative est celle du plomb 210 au niveau du foyer de ski de fond ($0,43 \pm 0,30 \text{ mBq/m}^3$).

5.4. Evaluation préliminaire proposée par la CRIIRAD

En l'absence de résultats de mesures suffisamment fins sur l'air, des calculs d'exposition peuvent être conduits néanmoins à partir des mesures d'activité de la couche superficielle des sols, en faisant des hypothèses sur le coefficient de remise en suspension ou le taux d'empoussièrement, les fractions inhalables, etc....

5.4.1. Méthode de calcul

Un exemple de calcul est reproduit en [annexe A7](#), avec les hypothèses associées. Trois situations d'empoussièrement sont envisagées :

- Empoussièrement faible de $10 \mu\text{g/m}^3$ correspondant à celui mesuré¹² par SUBATECH,
- Empoussièrement de $100 \mu\text{g/m}^3$ correspondant à celui retenu par le NRPB (organisme de radioprotection anglais) pour le sol en place,
- Empoussièrement très fort de 20 mg/m^3 retenu par l'IPSN pour modéliser la remise en suspension lors d'un chantier¹³.

On calcule l'activité inhalée (en becquerels) en multipliant l'activité massique du sol par le taux de remise en suspension défini ci-dessus, puis par le débit respiratoire de la personne et par la durée d'exposition.

¹¹ Une référence à Laprugne, 2 stations sur site : MCO et station BNL digue, 3 dans l'environnement proche : moulin Thienon, moulin Saint-Priest / Poyet ?, hameau de Bellechasse.

¹² Lors des réunions préliminaires concernant les protocoles techniques, la CRIIRAD avait demandé que SUBATECH procède à une pesée des filtres avant et après collecte du volume d'air correspondant. Ces pesées permettent d'estimer le taux d'empoussièrement à $5 \mu\text{g/m}^3$ (Moulin Poyet) et $18 \mu\text{g/m}^3$ (scierie Mondière).

¹³ Ce chiffre est utilisé par l'IPSN dans son guide méthodologique de mai 2001, pour calculer l'exposition dans un bâtiment en cas de réfection des murs. Il est issu d'une valeur moyenne d'empoussièrement dans le secteur du bâtiment (Lardeux, 1978). Le NRPB utilise la valeur de 10 mg/m^3 pour un sol labouré.

Les calculs sont conduits pour :

- 7 000 heures d'exposition (80 % du temps passé en extérieur) avec un taux d'empoussièrement faible,
- 2 000 heures de présence à l'extérieur de l'habitation, avec un taux d'empoussièrement conservatoire [ce qui correspond à un travail effectué à 100 % en extérieur. Le rapport IPSN recommande la valeur de 810 heures par an ce qui constituerait un emploi du temps moyen pour un adulte en France d'après l'INSEE. Dans une région rurale, certains groupes de population sont susceptibles à notre avis de passer nettement plus de 2 000 heures par an à l'extérieur],
- 140 heures de présence sur un chantier (4 semaines de 35 heures) avec un taux d'empoussièrement très élevé.

La dose efficace engagée est ensuite calculée en ajoutant les contributions de tous les radionucléides pris en compte.

On suppose que la fraction inhalable est de 0,375 (valeur recommandée par l'IPSN) et que le radionucléide à la forme physico-chimique la plus pénalisante¹⁴ (à noter que l'IPSN recommande par défaut la classe M).

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau [T11 ci-après](#)

5.4.2. Estimations préliminaires des doses

Afin de donner des ordres de grandeur, nous allons considérer 2 types de remblais, selon que leur activité en uranium 238 dépasse 500 Bq/kg et 10 000 Bq/kg.

Remblais dont l'activité en uranium 238 dépasse 10 000 Bq/kg

Cette situation concerne la piste au sud du site BNL, la plate-forme de la scierie Mondière, etc...sur lesquelles des analyses de remblai ont été effectuées (cf [annexe 4](#)), mais aussi très probablement de nombreux autres secteurs qui présentent de forts niveaux de rayonnement gamma au contact des remblais (cf note CRIIRAD SPLP 3).

Avec ce type de remblai :

- la dose annuelle dépasse d'un facteur 4 le seuil du risque négligeable de 10 microSieverts par an (pour 7000 heures de présence) même lorsque le taux d'empoussièrement est faible ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
- la dose annuelle est susceptible de dépasser 100 microSieverts par an (pour 2 000 heures de présence) lorsque le taux de remise en suspension est de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur recommandée par le NPRB) pour des situations non exceptionnelles,
- la dose annuelle est susceptible de dépasser 1000 microSieverts par an (pour un chantier de 3 semaines) lorsque le taux de remise en suspension est de $20 \text{mg}/\text{m}^3$ (valeur recommandée par l'IPSN pour des situations de chantier).

¹⁴ Les facteurs de dose retenus sont ceux correspondant à la clairance pulmonaire la plus pénalisante, c'est-à-dire la classe S, sauf pour le thorium 230, actinium 227, thorium 232, actinium 228 et potassium 40 (classe F) et pour le bismuth 214, bismuth 210, protactinium 231 et bismuth 212 (classe M).

Remblais dont l'activité en uranium 238 est supérieure à 500 Bq/kg

Ce type de situation concerne de très nombreux lieux autour du site BNL.

En effet, un remblai ayant une activité massique de l'ordre de 500 à 700 Bq/kg en uranium 238 et des teneurs en thorium 232 et potassium 40 normales induit à 1 mètre une exposition externe de l'ordre de 0,3 à 0,4 $\mu\text{Sv/h}$. Des secteurs présentant de tels niveaux radiométriques ont été identifiés par la CRIIRAD sur pratiquement tous les sites où des remblais de la mine ont été rapportés (chemin entre le moulin de Saint-Priest et moulin Poyet, cour de moulin Poyet, aire du Paradou, hangar de moulin Thienon, scierie Mondière, etc...).

En cas de très forte remise en suspension ($20 \text{ mg} / \text{m}^3$), la dose cumulée, pour seulement 20 heures de présence, dépasse le seuil du risque négligeable de 10 microSieverts par an, et un chantier de 4 semaines va conduire à une exposition supérieure à 100 microSieverts (avec une ventilation pulmonaire de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$).

Ces premières évaluations montrent que, dès lors que sur un site la réutilisation de remblais issus de la mine est avérée, tout chantier provoquant une forte remise en suspension des sols doit faire l'objet d'une préparation spécifique sous contrôle des autorités compétentes.

Les activités en uranium et descendants de certains remblais peuvent conduire en effet à des doses par inhalation de poussières non négligeables voire inacceptables.

Tableau T11 : estimation de l'exposition interne par inhalation du fait de la remise en suspension des sols / calculs préliminaires CRIIRAD

Taux d'empoussièrement (mg/m^3)		
0,010	0,100	20,00
Normal	Remise en suspension	Chantier / labour
Durée d'exposition (heures)		
7 000	2 000	140
Ventilation pulmonaire (m^3/h)		
0,8	0,8	0,8

Terre jardin La Prugne (110 Bq/kg en U 238)

Activité volumique U 238 (mBq/m^3)		
0,001	0,011	2,2
Dose annuelle cumulée ($\mu\text{Sv} / \text{an}$)		
0,9	2,4	34

Remblai piste sud S 18 (575 Bq/kg en U 238)

Activité volumique U 238 (mBq/m^3)		
0,006	0,058	11,5
Dose annuelle cumulée ($\mu\text{Sv} / \text{an}$)		
2,3	6,4	90

Remblai scierie Mondière S 20 D (13 000 Bq/kg en U 238)

Activité volumique U 238 (mBq/m^3)		
0,130	1,30	260
Dose annuelle cumulée ($\mu\text{Sv} / \text{an}$)		
47	133	1 869

Remblai scierie Mondière S 20 B (27 000 Bq/kg en U 238)

Activité volumique U 238 (mBq/m^3)		
0,275	2,75	551
Dose annuelle cumulée ($\mu\text{Sv} / \text{an}$)		
99	282	3 945