

CRIIRAD

Commission de Recherche
et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

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

Valence le 6 mai 2011.

Rapport CRIIRAD N°11-18 D¹

Radioactivité dans les environs du site nucléaire Mayak en Russie.

Analyses effectuées pour GREENPEACE Suisse

1 / Contexte, objectifs et méthodologie

Le site nucléaire Mayak

Le site nucléaire militaire de Mayak, au sud-est de l'Oural, en Russie, a été construit dans l'urgence, au lendemain de la seconde guerre mondiale, afin de produire le plutonium nécessaire au développement des armes nucléaires soviétiques.

C'est là qu'a été fabriquée la première bombe atomique russe, qui a explosé en 1949. Une ville secrète (Tcheliabinsk-40), implantée au Nord de Mayak, est occupée par les travailleurs impliqués dans ce projet.

Comme pour le site américain similaire de Hanford (qui a produit entre autres la bombe de Nagasaki), les réacteurs d'extraction du plutonium ont entraîné, dès leur mise en fonctionnement, des rejets massifs de radioactivité dans l'environnement et la production de déchets radioactifs qui s'accumulent sans mesures de protection suffisantes.

De 1949 jusqu'en 1951, les effluents radioactifs liquides des installations ont été notamment déversés directement dans le système hydrographique de surface du bassin versant de la **rivière Techa** et dans le lac Karatchaï, provoquant une contamination catastrophique et durable.

Constatant l'ampleur du problème, les autorités soviétiques ont finalement pris des mesures pour assécher le **lac Karatchaï**, mettre en place une série de réservoirs artificiels la « Cascade de la Techa » et interdire l'exploitation des ressources de la Techa en aval du site.

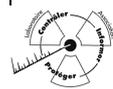
Malheureusement, aujourd'hui encore, de nombreux habitants n'ont pas les moyens de respecter cette interdiction.

En **1967**, l'assèchement partiel du lac Karatchaï a entraîné une nouvelle contamination à grande échelle du fait de la dispersion par les vents des sédiments fortement contaminés accumulés sur les berges du lac.

Mayak a également été le siège du premier accident nucléaire de grande ampleur, bien avant Tchernobyl. En **1957**, une cuve de déchets radioactifs a explosé, contaminant plusieurs centaines de kilomètres carrés. La catastrophe de Kychtym, du nom de la ville proche du site, est restée secrète jusqu'aux révélations, en 1977, de Jaurès Medvedev, un scientifique russe alors exilé en Angleterre.

Il est difficile encore aujourd'hui de connaître l'ampleur exacte de la contamination de l'environnement et les conséquences sanitaires.

¹ La présente version constitue le document définitif, la version préliminaire a été adressée à Greenpeace le 4 février 2010



Mission organisée par Greenpeace Suisse en novembre 2010

Le site nucléaire de Mayak effectue des prestations **commerciales** dont le **retraitement des combustibles irradiés** des centrales électronucléaires, y compris pour des clients étrangers. Selon Greenpeace [GP 1], il s'agit par exemple de : Bulgarie, Hongrie, Tchécoslovaquie, Finlande, Allemagne, Ukraine, Iraq. Selon Greenpeace Russie, à fin 2001, le site aurait retraité plus de 1 540 tonnes de combustibles irradiés étrangers [GP 1].

Greenpeace Suisse a demandé au laboratoire de la CRIIRAD une assistance scientifique et technique pour la réalisation d'une mission à Mayak, afin de sensibiliser les media au problème de la contamination radioactive induite par les activités nucléaires passées et présentes du site et en particulier les opérations de retraitement.

En effet, certains opérateurs de centrales nucléaires suisses importent des matières nucléaires dont une partie est issue des processus de retraitement de combustible irradié effectué en Russie sur le site Mayak [GP 2].

Le laboratoire de la CRIIRAD avait effectué en **mai 2008** des mesures radiométriques et prélèvements d'échantillons sur les rives de la rivière Techa et dans le village de Muslymovo [CRI 1]. Ces mesures avaient confirmé la forte contamination de l'environnement par plusieurs substances radioactives artificielles (césium 137, strontium 90, plutonium). Une synthèse de ces mesures est reproduite en [Annexe 1](#).

Une réunion de travail a été organisée à Valence le 21 octobre 2010 entre Greenpeace Suisse (M Florian Kasser, chargé de campagne Nucléaire et Energie) et la CRIIRAD (messieurs Christian Courbon, technicien spécialisé qui avait conduit la mission de mai 2008 à Mayak, et Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire qui avait coordonné les analyses).

A l'issue de cette réunion, un plan d'échantillonnage et d'analyse a été mis au point.

L'équipe de Greenpeace Suisse a procédé aux prélèvements en **novembre 2010** et à l'envoi des échantillons au laboratoire de la CRIIRAD entre fin novembre 2010 et mi-janvier 2011.

C1 / Localisation du site nucléaire Mayak



Types d'échantillons recueillis

L'objectif des échantillonnages réalisés par Greenpeace n'était pas de réaliser une expertise approfondie, mais simplement quelques contrôles ciblés pour déterminer s'il existait une évolution de la contamination de l'environnement par rapport aux prélèvements effectués par la CRIIRAD en mai 2008.

Greenpeace a fait parvenir au laboratoire de la CRIIRAD un échantillon de lait de vache, 3 échantillons d'eau de rivière (dont 2 échantillons de la Techa) et 2 échantillons d'eau de puits:

- E1 / eau courante de la rivière Techa prélevée au niveau du pont M5 en aval de toutes les cascades recueillant les effluents radioactifs liquides du site Mayak et en amont du village de Muslymovo.
- E2 / eau d'un puits privé prélevée à Muslymovo.
- E3 / eau stagnante sur les berges de la Techa, à Muslymovo, près des ruines de l'internat.
- E5 / eau d'un puits public prélevée à Muslymovo.
- E6 / eau de rivière prélevée en amont hydraulique, à environ 26 km au nord du site Mayak et pouvant être considérée comme non soumise aux rejets radioactifs liquides du site nucléaire (voir localisation schématique sur la carte page 5).

Le laboratoire de la **CRIIRAD** a procédé aux **mesures par spectrométrie gamma** (césium 137, césium 134, manganèse 54, cobalt 58, cobalt 60, ruthénium-rhodium 106, argent 110m, antimoine125, iode 131, iode 129, américium 241, etc..) et au dosage du tritium libre par scintillation liquide. Il est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire française (voir [Annexe 2](#)).

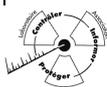
Les échantillons ont été traités par Mme Jocelyne Ribouet, technicienne de laboratoire. Les analyses ont été effectuées par monsieur Stéphane Patrigeon, technicien métrologue, et l'ensemble validé et interprété par monsieur Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire. Il est important de souligner que lors du traitement des spectres gamma, la CRIIRAD interprète toutes les raies gamma détectées. Les limites de détection ne sont pas publiées dans le présent rapport pour tous les radionucléides émetteurs gamma détectables, mais pour une sélection restreinte, afin de ne pas alourdir les tableaux de résultats.

Le dosage d'autres radionucléides émetteurs bêta purs (strontium 90, carbone 14, tritium organiquement lié), et la mesure des indices d'activité alpha et bêta totales dans les eaux ont été confiés à d'autres laboratoires spécialisés².

Pour des raisons budgétaires, tous les types de radionucléides n'ont pu être dosés.

La priorité a été donnée à l'eau courante de la Techa (E1).

² Subatech (strontium 90 dans le lait), RCD Lockinge (OBT et C14 dans le lait), EICHROM (indices d'activité alpha totale et bêta totale et strontium 90 dans les eaux).



2 / Données officielles sur les rejets radioactifs actuels du site Mayak

Greenpeace Suisse a obtenu un document officiel de Rosatom [MOK 1] qui donne quelques précisions sur les rejets actuels du site Mayak.

Les rejets radioactifs atmosphériques

Pour la période de 2004 à 2008, les rejets radioactifs atmosphériques du site Mayak sont donnés pour 4 radionucléides (plutonium 239, strontium 90, iode 131 et césium 137).

Malheureusement ce document est inexploitable car les rejets sont exprimés en pourcentage des autorisations de rejets (ils sont inférieurs au %), sans que les valeurs des autorisations ne soient données.

On s'étonnera en outre que ces tableaux ne portent pas sur les rejets d'autres substances radioactives qui sont pourtant prépondérantes dans les rejets atmosphériques des usines de retraitement occidentales comme le tritium, le carbone 14, l'iode 129, le krypton 85, etc. (cf étude CRIIRAD LHC1)).

Les rejets radioactifs liquides

Aucun chiffre n'est donné concernant les rejets radioactifs liquides effectifs. Le document indique simplement que les effluents radioactifs liquides sont partiellement dirigés pour entreposage dans des réservoirs artificiels spéciaux isolés du réseau hydrographique ouvert.

Il y a 8 réservoirs de ce type :

- Des réservoirs pour le recyclage de l'eau : R-2 (Lac Kyzyltash) et R-6 (lac Tatysh),
- Quatre « réservoirs de stockage » pour les déchets à faible activité (LLW) : R-3, R-4, R-10 et R-11 (TRC).
- Deux « réservoirs de stockage » des déchets de moyenne activité (MLW) : R-9 (lac Karatchaï) et R-17 (Staroye Boloto).

La carte associée est reproduite ci-dessous (C2).

C2 / Schéma indiquant l'utilisation de l'eau et la gestion des effluents radioactifs par le site Mayak [MOK 1]

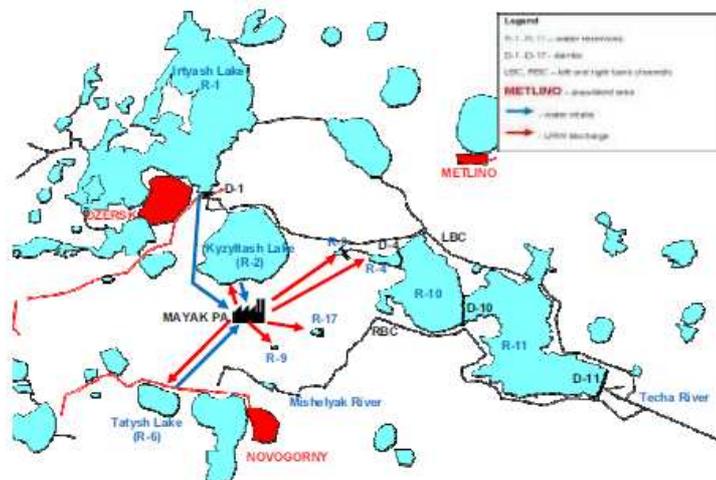
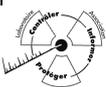


Fig.3 Layout of water use and liquid radioactive waste discharges from the Mayak PA

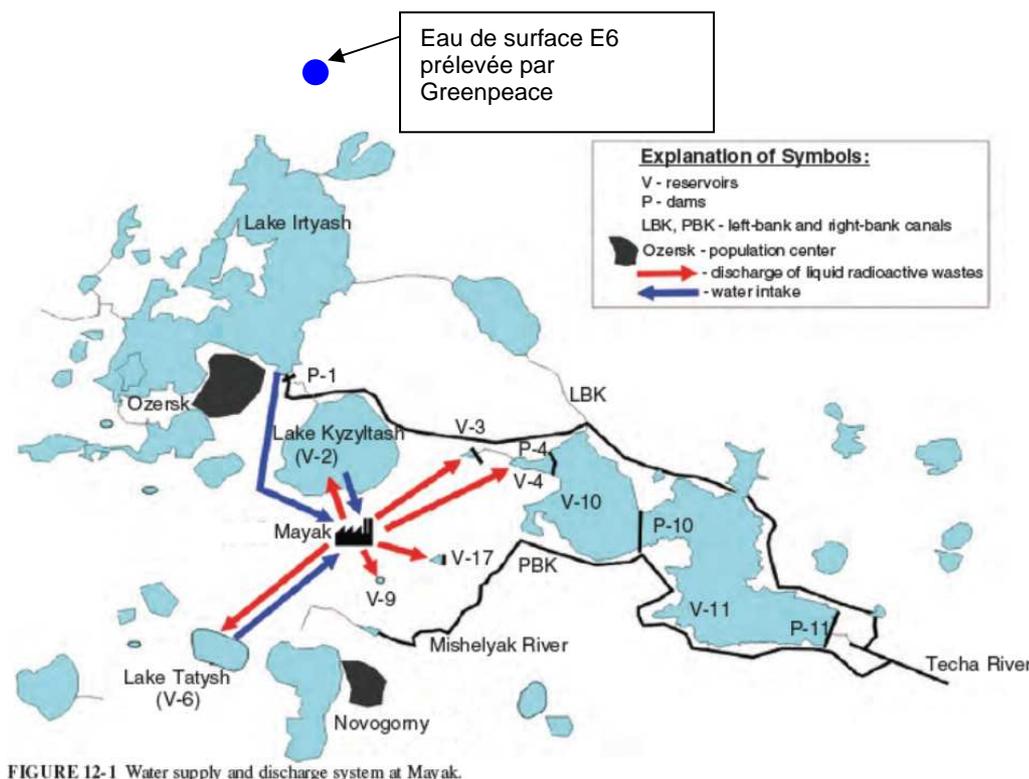


Compte tenu de la résolution médiocre de la carte C2, nous avons reproduit ci-après, la carte C3 issue d'une autre publication officielle [GLAG 1]. Les 2 cartes donnent des informations cohérentes.

Ces documents suggèrent que la « Cascade de la Techa » (TRC) est constituée d'une succession de 4 réservoirs plus ou moins isolés de la rivière.

Deux réseaux de canaux longent cette cascade de réservoirs et convergent, en aval des réservoirs, dans la Techa.

S'il n'y a donc pas de lien direct entre les points de rejet d'effluents radioactifs de type LLW et les eaux de la Techa, il y a par contre un lien indirect via les **infiltrations d'eau contaminée** à travers le fond et les parois des réservoirs ainsi que le parement des barrages qui leur sont associés (voir le barrage appelé D11 ou P11 sur les cartes C2 et C3). Ces infiltrations contaminent les eaux souterraines et de surface et par voie de conséquence, la Techa.



Selon [MOK 1], les autorisations de rejets sont établies sur la base de la garantie que l'activité volumique de l'eau des réservoirs n'augmente pas. Mais le document ne précise pas les limites associées.

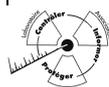
Toujours selon ce document, de 2002 à 2008, les rejets radioactifs de type LRW dans les réservoirs n'ont pas dépassé les limites autorisées et l'activité volumique dans les réservoirs est restée constante avec une tendance à la baisse.

Ce document donne deux graphiques (cf page suivante) qui précisent certaines valeurs des activités volumiques.

- **Réservoir R-17** destiné aux effluents les plus radioactifs (**MLW**).

Les activités volumiques, estimées à la lecture du graphique, sont en 2008 de l'ordre de **50 000 Bq/l** pour le **césium 137** et **300 000 Bq/l** pour le **strontium 90**.

On remarque que si l'activité volumique du césium 137 n'a cessé de diminuer de 2004 à 2008, celle du strontium 90 après une forte baisse entre 2004 et 2006, stagne entre 2006 et 2008.



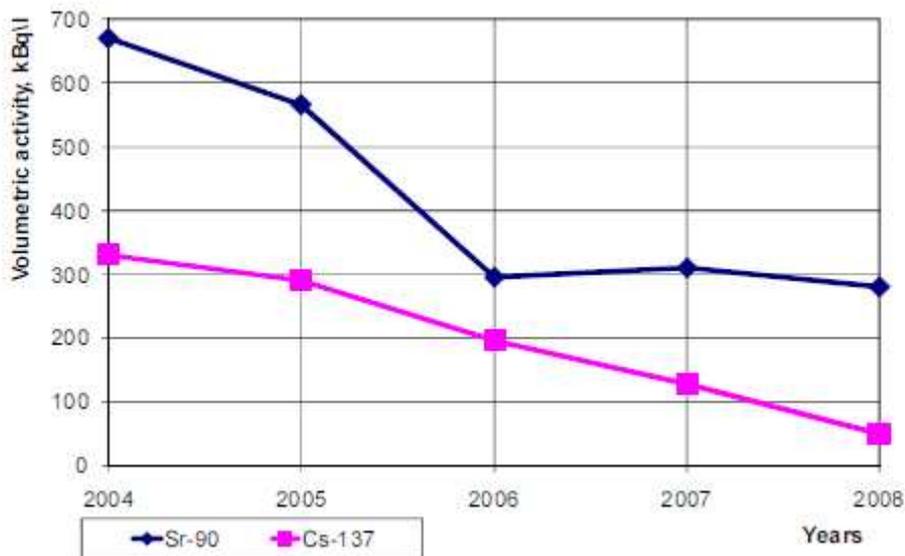
- Réservoirs R-10 / R-11 destinés aux effluents LLW.

Ces activités, estimées à la lecture du graphique, sont en 2008 de l'ordre de **3 000 Bq/l** pour le **strontium 90** dans le réservoir R-10 et environ 2 fois moins (1 500 Bq/l) plus en aval dans le réservoir R-11. Les valeurs pour le césium 137 ne sont pas mentionnées.

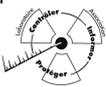
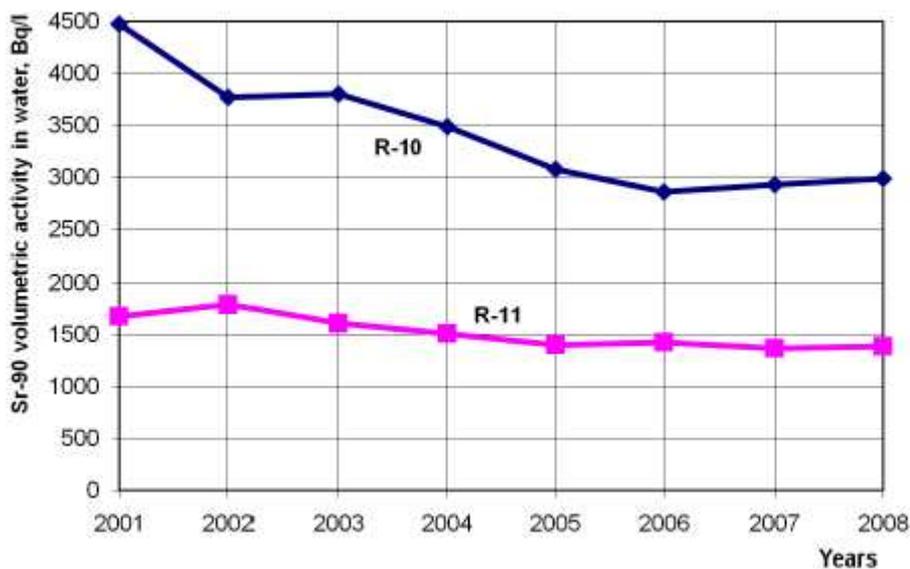
On remarque qu'entre 2001 et 2008, l'activité volumique du strontium 90 dans le réservoir R -10 a globalement décru de 2001 à 2006, et suit une **tendance à la hausse** entre 2006 et 2008.

Dans le réservoir R-11, les valeurs sont plus stables.

C4 / Variation de l'activité volumique du strontium 90 et du césium 137 (kBq/l) dans l'eau du réservoir R-17 entre 2004 et 2008 [MOK 1]



C5 / Variation de l'activité volumique du strontium 90 (Bq/l) dans l'eau des réservoirs R-10 et R-11 des cascades entre 2001 et 2008 [MOK 1]



Le document [MOK 1] soulève de nombreuses questions : il ne donne aucun chiffre concernant le tonnage de combustibles retraités, les volumes d'effluents radioactifs rejetés ni l'activité annuelle mise en jeu.

Il ne donne pas les résultats des contrôles effectués dans les eaux de la Techa en aval des réservoirs, ni les activités volumiques pour d'autres radionucléides certainement présents dans les rejets, comme le tritium, le carbone 14, le cobalt 60, le technétium 99, l'antimoine 125, le ruthénium rhodium 106, l'iode 129, l'iode 131, l'europium 154 et 155, le protactinium 233, les transuraniens (isotopes du plutonium, du neptunium, du curium et de l'américium), etc..[voir études CRIIRAD sur les rejets de l'usine de retraitement de la Hague : références LHC 1 à LHC 5].

La question des infiltrations

Le document [GLAG 1] donne des précisions intéressantes sur les problèmes techniques posés par les réservoirs de stockage des effluents radioactifs LLW.

On y apprend que, depuis le début des années 80, la région a enregistré des changements climatiques qui affectent à la fois les précipitations annuelles et le niveau d'évaporation de l'eau des réservoirs, ce qui a conduit à un niveau d'eau dans les réservoirs proche des limites maximales autorisées.

L'analyse de la situation conduite pour le dernier réservoir de la cascade (**R-11**) montre qu'entre 1950 et le début des années 80, le taux d'évaporation excédait les précipitations avec un différentiel de 100 mm par an. **La situation s'est inversée depuis les années 80 jusqu'en 2006 : les précipitations dépassent de 90 mm les pertes par évaporation.**

La situation a été « extrêmement critique » en 1999-2000 lorsque le niveau d'eau du réservoir R-11 est monté de 1,5 mètres en 1 an et demi.

Les auteurs indiquent que la survenue d'une telle situation ne peut être exclue dans le futur et qu'un plan d'action sur 50 ans a été établi. Dans la première phase, qui durera 6 à 8 ans, il s'agit de réduire le volume d'effluents rejetés dans les réservoirs.

L'augmentation du niveau d'eau dans le réservoir R-11 entraîne **une forte augmentation du taux d'infiltration du strontium 90** dans les contre-canaux latéraux et par voie de conséquence dans la **rivière Techa** comme l'illustre le graphique C6 ci-dessous. On remarquera que le taux de fuite du strontium 90 se chiffre en dizaines de Curies. Or 1 curie = 37 milliards de Becquerels. Cela peut donc représenter **plus d'un TBq par an** (1 000 milliards de Becquerels).

C6 / corrélation entre la quantité totale de strontium 90 (en Curies) transférée dans les eaux de surface de la Techa et le niveau d'eau (en mètres) dans le réservoir R-11 [GLAG 1]

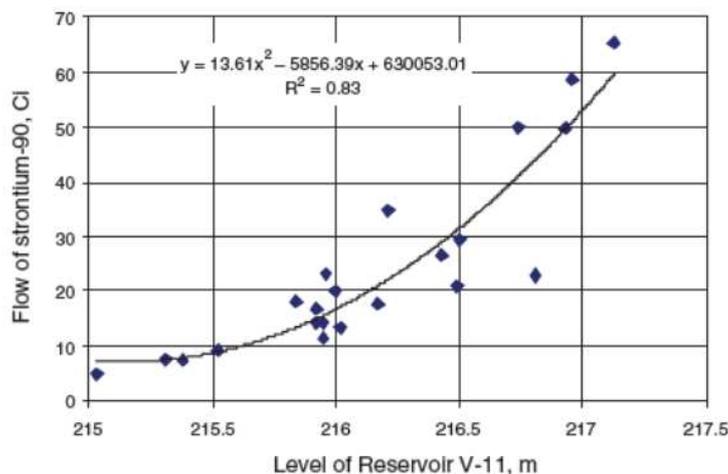


FIGURE 12-2 Correlation between total infiltration of strontium-90 into the surface levels of the Techa River and water level in Reservoir V-11.

Selon [GLAG 1], le débit de la Techa à son embouchure est typiquement de 7 m³/s. On peut calculer qu'un taux de fuite annuel de 60 Curies de strontium 90, dilué de manière homogène dans un cours d'eau avec un débit de 7 m³/s, correspondrait à une activité volumique de l'ordre de 10 Bq/l.

3 / Contamination des eaux de la rivière Techa

Les principaux résultats des analyses effectuées sur les eaux de la Techa prélevées en mai 2008 (par la CRIIRAD) et novembre 2011 (par GREENPEACE) sont reportés dans le tableau T1 ci-dessous. Les activités sont ramenées à la date de prélèvement.

Les eaux de la rivière Techa prélevées sous le pont de la voie M5 (point E1) sont contaminées de manière chronique par le **césium 137** (1,45 Bq/l en novembre 2010), le **strontium 90** (22 Bq/l) et le **tritium**, isotope radioactif de l'hydrogène (451 Bq/l).

Ces trois substances radioactives sont rejetées lors du retraitement des combustibles nucléaires usés.

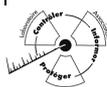
On remarque, en novembre 2010, par rapport aux prélèvements du 27 mai 2008, une **augmentation de la contamination** pour :

- **césium 137** (+ 38 %)
- indice d'activité **alpha global**
- indice d'activité bêta global (facteur 2,4) qui provient majoritairement³ du **strontium 90**,
- **tritium** (facteur 5,8).

T1 / Analyse des eaux de la rivière Techa

Code	E1	E1	E6	E3
Date prélèvement	19/11/2010	27/05/2008	19/11/2010	17/11/2010
Type	Eau courante Techa (pont M5)	Eau courante Techa (pont M5)	Eau de rivière en amont hydraulique du site Mayak	Eau stagnante Techa (près ruines internat)
Cs 137 (Bq/l)	1,45 +/- 0,33	1,05 +/- 0,26	< 0,05	< 0,08
Cs 134 (Bq/l)	< 0,06	< 0,039	< 0,047	< 0,06
Co 58 (Bq/l)	< 0,07	< 0,043	< 0,08	< 0,07
Co 60 (Bq/l)	< 0,07	< 0,035	< 0,04	< 0,05
Mn 54 (Bq/l)	< 0,06	< 0,042	< 0,05	< 0,06
Am 241 (Bq/l)	< 0,09	< 0,09	< 0,1	< 0,13
Sb 125 (Bq/l)	< 0,19	< 0,12	< 0,14	< 0,19
I 131 (Bq/l)	< 0,09	< 0,1	NM	< 0,12
Ce 144 (Bq/l)	< 0,34	< 0,27	< 0,34	< 0,42
Ag 110 ^m (Bq/l)	< 0,06	< 0,042	< 0,05	< 0,06
I 129 (Bq/l)	< 0,11	< 0,08	< 0,09	< 0,13
Ru-Rh 106 (Bq/l)	< 0,6	< 0,4	< 0,47	< 0,6
H3 (eau brute) (Bq/l)	441 +/- 44,1	91,4 +/- 9,1	16,7 +/- 1,7	11,4 +/- 1,8
H3 (eau distillée) (Bq/l)	451 +/- 45,1	78 +/- 7,8	NM	13,1 +/- 1,6
Alpha total (Bq/l)	0,24 +/- 0,05	< 0,05		
Bêta total (Bq/l)	52,57 +/- 7,75	21,65 +/- 2,1		
Bêta total résiduel (Bq/l)	52,37 +/- 7,75	21,49 +/- 2,1		
Sr 90 (Bq/l)	22,0 +/- 1,8	NM		

³ Le strontium 90 n'avait pas été dosé en mai 2008 pour des questions budgétaires. Une mesure de l'indice d'activité bêta total avait été effectuée. Sur le prélèvement de novembre 2010 a été effectuée la mesure de l'indice d'activité bêta total et le dosage du strontium 90 (émetteur bêta). Son activité est de 22,0 Bq/l. Il se met rapidement à l'équilibre avec son premier descendant émetteur bêta, l'yttrium 90. L'activité bêta globale résultante est donc de 2 fois 22 Bq/l soit 44 Bq/l. La valeur de l'indice d'activité bêta globale mesurée s'explique donc à 84 % par la présence du couple strontium 90-Yttrium 90. Le reste du signal bêta provient du césium 137 et éventuellement d'autres radionucléides artificiels ou naturels émetteurs bêta. Compte tenu des marges d'incertitudes, il n'est pas exclu que 100 % du signal bêta résiduel provienne du couple Sr 90 / Y 90 et du césium 137.



En ce qui concerne le **tritium**, on remarque une contamination (16,7 Bq/l) également dans les eaux de la rivière située en amont hydraulique à environ 26 km au nord du site Mayak.

Elle est cependant nettement moins élevée que dans la Techa en aval des réservoirs d'effluents radioactifs (451 Bq/l). Cette contamination en amont hydraulique pourrait être liée à l'impact des rejets atmosphériques de tritium.

Ce résultat montre en tout cas qu'il est impératif d'inclure le tritium dans la liste des substances radioactives à contrôler dans l'environnement du site Mayak.

Interprétation des variations 2008-2010

L'interprétation des variations de l'activité volumique des eaux de la Techa entre mai 2008 et novembre 2010 doit être faite avec prudence, car il est difficile de conclure sur la base de 2 échantillonnages seulement.

Pour déterminer l'origine exacte de la contamination, il faudrait en outre disposer de connaissances plus précises sur la gestion actuelle des effluents radioactifs liquides et gazeux du site Mayak, ainsi que sur les transferts opérés dans le bassin versant de la Techa à partir :

- des déchets liquides accumulés dans les lacs et réservoirs de son bassin versant,
- des sédiments contaminés déposés au fond de ces lacs et réservoirs,
- du transfert par ruissellement qui affecte les sols contaminés de la région.

Pour le **strontium 90**, dont la période physique est de 30 ans, le document officiel [GLAG 1] montre que la majeure⁴ partie de la contamination transférée à la Techa provient des infiltrations à partir des réservoirs (cascade de la Techa) qui reçoivent les effluents radioactifs LLW.

Ces fuites sont certainement accrues par les rejets radioactifs liquides actuels du site nucléaire, puisque l'entreprise indique que le taux de fuite de strontium, qui se chiffre en centaines de GBq par an est directement lié au niveau d'eau dans les réservoirs, donc entre autres, aux rejets liquides du site industriel.

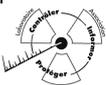
Le **tritium** a une période plus courte (12,3 ans), une très forte mobilité dans l'environnement et constitue en général le premier radionucléide rejeté par les opérations de retraitement des combustibles irradiés. Les résultats des mesures effectuées dans la Techa traduisent probablement une augmentation de la contamination des eaux de la rivière liée rejets actuels du site Mayak et donc aux activités industrielles qui y sont conduites. Pour s'en assurer, il conviendrait de disposer de données sur les rejets de tritium effectués par voie atmosphérique et liquide, le taux de transfert du tritium depuis les réservoirs, les caractéristiques hydrodynamiques de la Techa, etc..

On ne détecte pas, dans les eaux de la Techa prélevées le 27/5/2008 et le 19/11/2010 d'autres produits radioactifs artificiels émetteurs gamma. Les activités volumiques de l'iode 129, iode 131, manganèse 54, argent 110^m, cobalt 58, cobalt 60, américium 241, etc.. restent inférieures aux limites de détection.

En ce qui concerne les radionucléides émetteurs **alpha**, on remarque que l'indice d'activité alpha globale, qui était inférieur à la limite de détection de 0,05 Bq/l le 27 mai 2008, est nettement supérieur le 19 novembre 2010 : 0,24 +/- 0,05 Bq/l.

Des analyses complémentaires seraient nécessaires pour déterminer si ces émissions alpha sont d'origine naturelle ou artificielle. Il est possible qu'il s'agisse de plutonium dont on sait qu'il est rejeté par les activités de retraitement [LHC 1 à 5] et dont la présence est avérée dans les terres des berges de la Techa prélevés par la CRIIRAD en mai 2008 (plutonium 239 et plutonium 240 : 2 200 Bq/kg sec, cf [CRI 1]).

⁴ Il n'est pas exclu qu'une partie de la contamination actuellement enregistrée dans la rivière Techa provienne en outre du lessivage des sols contaminés par les graves accidents du passé (en particulier en 1957 et 1967).



4 / Contrôle radiologique des eaux de puits à Muslymovo

Les principaux résultats des analyses effectuées sur les échantillons d'eau de puits prélevés à Muslymovo, en mai 2008 (par la CRIIRAD) et en novembre 2011 (par Greenpeace) sont reportés dans le tableau T2 ci-dessous. Les activités sont ramenées à la date de prélèvement.

T2 / Radioactivité des eaux de puits à Muslymovo

Code Date prélèvement	E2 19/11/2010	E5 19/11/2010	E2Bis 27/05/2008
Type	Eau souterraine / puits privé à Muslymovo	Eau souterraine / Puits public à Muslymovo	Eau souterraine / fontaine publique à Muslymovo
Cs 137 (Bq/l)	< 0,09	< 0,036	< 0,07
Cs 134 (Bq/l)	< 0,07	< 0,031	< 0,06
Co 58 (Bq/l)	< 0,07	< 0,06	< 0,07
Co 60 (Bq/l)	< 0,06	< 0,033	< 0,05
Mn 54 (Bq/l)	< 0,08	< 0,034	< 0,06
Am 241 (Bq/l)	< 0,15	< 0,044	< 0,09
Sb 125 (Bq/l)	< 0,2	< 0,09	< 0,16
I 131 (Bq/l)	< 0,11	< 3,4	< 0,13
Ce 144 (Bq/l)	< 0,47	< 0,18	< 0,32
Ag 110 ^m (Bq/l)	< 0,08	< 0,035	< 0,06
I 129 (Bq/l)	< 0,14	< 0,05	< 0,1
Ru-Rh 106 (Bq/l)	< 0,7	< 0,32	< 0,5
H3 (eau brute) (Bq/l)	4,43 +/- 1,43	2,8 +/- 1,3	< 2,5
H3 (eau distillée) (Bq/l)	NM	NM	NM
Alpha total (Bq/l)	< 0,02		< 0,04
Bêta total (Bq/l)	0,13 +/- 0,03		0,23 +/- 0,1
Bêta total résiduel (Bq/l)	0,10 +/- 0,03		0,09 +/- 0,1
Sr 90 (Bq/l)	< 0,04		

En ce qui concerne les eaux contrôlées à Muslymovo, l'activité des radionucléides artificiels émetteurs gamma recherchés est inférieure à la limite de détection. Il en va de même pour les indices d'activité alpha globale.

Une activité bêta totale résiduelle (c'est-à-dire après soustraction de la contribution des émissions bêta du potassium 40 naturel) est détectée (de l'ordre de 0,1 Bq/l). Elle est nettement inférieure aux valeurs guides de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé : 1 Bq/l).

Sur les 2 échantillons d'eau souterraine contrôlés en novembre 2010, on relève la présence de **tritium** à des taux de 2,8 et 4,4 Bq/l. Bien que nettement inférieurs aux valeurs guides de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), ces taux sont supérieurs au niveau naturel et indiquent un **impact lié à des activités nucléaires**.

Pour poser un diagnostic plus complet, il faudrait disposer de données hydrogéologiques et sélectionner les puits les plus vulnérables à la contamination transportée par la Techa et susceptible d'impacter les nappes phréatiques.

Il conviendra de suivre en particulier l'évolution des taux de tritium dans les eaux souterraines car la détection du tritium dans 2 puits de Muslymovo en novembre 2010 pourrait être liée à la charge en tritium des eaux de la Techa. La contamination de la rivière, en particulier pour un radionucléide aussi mobile que le tritium, peut facilement impacter les nappes phréatiques proches de son lit.

5 / Contrôle radiologique du lait à Muslymovo

Les principaux résultats des analyses effectuées sur les échantillons de lait de vache prélevés à Muslymovo, en mai 2008 (par la CRIIRAD) et en novembre 2010 (par Greenpeace) sont reportés dans le tableau T3 ci-dessous. Les activités sont ramenées à la date de prélèvement.

T3 / Radioactivité du lait à Muslymovo

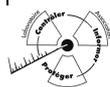
Code	L1	L1 bis
Date prélèvement	19/11/2010	30/05/2008
Prélevé par	GREENPEACE	CRIIRAD
Type	Lait de vache (formolé)	Lait de vache (formolé)
Cs 137 (Bq/l)	0,74 +/- 0,23	24,3 +/- 2,7
Cs 134 (Bq/l)	< 0,05	< 0,032
Co 58 (Bq/l)	< 0,06	< 0,036
Co 60 (Bq/l)	< 0,05	< 0,037
Mn 54 (Bq/l)	< 0,06	< 0,038
Am 241 (Bq/l)	< 0,08	< 0,05
Sb 125 (Bq/l)	< 0,14	< 0,1
I 131 (Bq/l)	< 0,08	< 0,06
Ce 144 (Bq/l)	< 0,29	< 0,19
Ag 110 ^m (Bq/l)	< 0,05	< 0,038
I 129 (Bq/l)	< 0,11	< 0,07
Ru-Rh 106 (Bq/l)	< 0,48	< 0,33
Tritium OBT (Bq/l d'eau de combustion)	13,0 +/- 0,9	14,7
Sr 90 (Bq/l)	< 0,28	34 +/- 9
C14 (Bq/kg C)	241 +/- 2,0	237

L'activité spécifique du carbone 14 (237 et 241 Bq/kg de carbone) est classique et ne dénote pas une influence par les rejets du site nucléaire Mayak.

On note par contre une contamination du lait de vache par :

- le **césium 137** (24,3 Bq/l sur l'échantillon de mai 2008 et 0,74 Bq/l sur celui de novembre 2010),
- le **strontium 90** (34 Bq/l sur l'échantillon de mai 2008) et
- le **tritium organiquement lié** (13 à 14,7 Bq/l d'eau de combustion).

Les deux échantillons de lait ne proviennent pas de la même propriété. L'échantillon collecté en mai 2008 par la CRIIRAD provenait d'une propriété dont les vaches avaient accès facilement aux berges de la Techa qui sont fortement contaminées ce qui explique le transfert de radionucléides artificiels à l'herbe et au lait. La CRIIRAD a mesuré en effet en mai 2008 dans la terre des berges à Muslymovo une activité massique en césium 137 de 55 000 Bq/kg frais. L'échantillon de novembre 2010 provient de vaches qui, selon les observations effectuées par Greenpeace lors du prélèvement, étaient nourries au fourrage.



Les 2 séries de mesures effectuées sur le lait confirment l'importance de ne pas négliger la contamination par le tritium qui est un des principaux radionucléides rejetés lors des opérations de retraitement, et sur lesquels, les documents officiels de Mayak ne donnent aucune information.

6 / Conclusions

Dans son rapport associé aux mesures de 2008, la CRIIRAD notait :

« En termes de dose de radioactivité reçue, en ne considérant que le césium 137, strontium 90 et tritium mesurés dans le lait, la dose annuelle pour une consommation de 1 litre par jour serait de 463 microSieverts pour un adulte vivant à Muslymovo et 1 013 microSieverts pour un enfant de 1-2 ans.

Pour le jeune enfant, le simple fait de boire un litre de lait par jour peut entraîner un dépassement de la dose maximale annuelle admissible établie par la Commission Internationale de Protection Radiologique (1 000 microsievverts par an).

Ces estimations de dose sont effectuées en utilisant les facteurs de risque officiels qui sont susceptibles de sous-estimer fortement les risques.

La contamination radiologique du milieu naturel et des principales sources de nourriture (poisson, lait) expose les habitants à une irradiation externe et à une contamination interne.

Les doses résultantes imposent que des mesures de protection soient prises pour les habitants de Muslimovo. Il aurait fallu évacuer ces habitants depuis longtemps et au minimum distribuer une nourriture saine, en particulier aux groupes les plus sensibles (femmes enceintes, jeunes enfants). »

Les mesures réalisées sur les échantillons collectés en novembre 2010 par Greenpeace montrent que la contamination en **césium 137, strontium 90 et tritium** des eaux de la Techa a augmenté par rapport aux prélèvements effectués par la CRIIRAD au même endroit en mai 2008 (facteur 2 pour le strontium 90, facteur proche de 6 pour le tritium). En outre, le tritium est détecté en novembre 2010 dans les 2 puits contrôlés à Muslymovo.

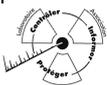
Des documents officiels montrent que la majeure partie de la contamination transférée à la **Techa** provient des **infiltrations à partir des réservoirs** (cascade de la Techa) qui reçoivent les **effluents radioactifs** LLW de l'usine de retraitement.

Ces fuites sont certainement accrues par les rejets radioactifs liquides actuels du site nucléaire, puisque l'entreprise indique que le taux de fuite de strontium, qui se chiffre en centaines de GBq par an est directement lié au niveau d'eau dans les réservoirs, donc entre autres, aux rejets liquides du site industriel.

La contamination de l'environnement se poursuit autour de Mayak alors que l'impact de la contamination radiologique héritée des accidents intervenus dans le passé entraîne toujours une exposition importante aux radiations ionisantes et justifierait l'évacuation du village de Muslymovo.

L'entreprise Mayak produit des documents qui ne rendent pas complètement compte de l'intensité de cette contamination. Les niveaux de radioactivité dans les rejets du site nucléaire (par voie atmosphérique et liquide) ne semblent⁵ pas communiqués pour un nombre important de radionucléides. Aucune mention ne semble faite par exemple de l'impact de certains radionucléides, pourtant habituellement associés aux activités de retraitement (comme le tritium, le carbone 14, le krypton 85 ou l'iode 129). Or ces radionucléides ont une longue, voire très longue période physique. Les calculs de dose à la population sont donc probablement sous-évalués.

⁵ Pour donner plus de poids à cette affirmation, il faudrait que GREENPEACE puisse se procurer l'ensemble des documents publics sur l'impact du site Mayak ainsi qu'une traduction en anglais du rapport annuel 2009 [MK 2009].



7 / Nécessité d'obtenir des informations complémentaires

Pour pouvoir apprécier l'évolution des rejets radioactifs du site industriel Mayak et statuer sur leur impact sur l'environnement et la santé des populations, il est indispensable qu'un certain nombre d'informations complémentaires soient demandées à l'industriel qui exploite ces installations nucléaires et aux autorités compétentes. Une liste non exhaustive est proposée ci-dessous :

1 / Précisions sur les **rejets atmosphériques et liquides** de toutes les substances radioactives et chimiques pertinentes.

Pour les éléments radioactifs, compte tenu de ce que l'on sait de l'impact des usines de retraitement, il convient de disposer de résultats précis concernant par exemple : le tritium, le carbone 14, le cobalt 60, le krypton 85, le technétium 99, l'antimoine 125, le ruthénium rhodium 106, l'iode 129, l'iode 131, l'euporium 154 et 155, le protactinium 233, les isotopes de l'uranium (uranium 232, 234, 236, 235, 238) transuraniens (isotopes du plutonium, du neptunium, du curium et de l'américium), etc..

2 / Description détaillée des dispositifs mis en œuvre pour **limiter les rejets** radioactifs atmosphériques et liquides (dont les dispositifs de traitement **des effluents** avant rejet).

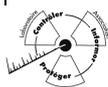
3 / Description détaillée du circuit de gestion des effluents liquides. Composition chimique, volumes mensuels, bilan de la radioactivité dans chacun des réservoirs de la cascade de la Techa, estimation **des flux mensuels de radionucléides atteignant la Techa**.

4 / Données concernant la **contamination de l'environnement** par tous les radionucléides listés ci-dessus. Ces données devront concerner :

- La radioactivité des gaz rares, du tritium, du carbone 14, des aérosols et des halogènes gazeux dans l'air ambiant
- Les précipitations (pluie, neige)
- Les bioindicateurs atmosphériques (lichens, mousses terrestres)
- La couche superficielle des sols
- Les aliments sensibles à la contamination induite par les retombées atmosphériques.
- Les eaux souterraines
- Les eaux de surface, les sédiments, les échantillons de la flore et de la faune aquatique à divers niveaux de la cascade de la Techa, dans les canaux latéralement aux réservoirs et dans la Techa en aval proche et en aval lointain.
- Les terres des berges de la Techa, la faune et la flore impactée par la contamination de la Techa en aval de la cascade de rejets.

5 / Description détaillée des modèles d'évaluation des doses subies par les riverains du site (choix des groupes critiques, paramètres de transfert, coefficients de dose, etc..).

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



BIBLIOGRAPHIE

Sur le site Mayak

[CRI 1] CRIIRAD. Synthèse de la participation du laboratoire de la CRIIRAD au tournage du documentaire « Déchets, le cauchemar du nucléaire » / B. Chareyron / 15 septembre 2009 (La Hague, Hanford, Mayak).

[CRI 2] CRIIRAD, Trait d'Union N°46 / « Russie : Mission contaminée en zone sous surveillance » / Christian Courbon (propos recueillis par Alain Sousa), Page 21 à 25.

[GP 1] GREENPEACE Russia 2007 / « Mayak : A 50-Year Tragedy » / (32 pages)

[GP 2] GREENPEACE Suisse juin 2009 « Recyclage de l'uranium retraité / Un aperçu des affaires conclues entre l'industrie nucléaire suisse et les producteurs russes de combustible nucléaire ».

[MED] Désastre Nucléaire dans l'Oural, Jaurès Medvedev, Editions Isoète, préface de Bella Belbéoch.

[MOK 1] « Effect of Past and Present Production Activity of the RT-Plant on the Current Radiation Environment in the Mayak Impact Area » / Yuri Mokrov / Federal State Unitary Enterprise « Mayak » Production Association – State Atomic Energy Corporation « Rosatom » (15 pages, non daté).

[GLAG 1] « Experience in Rehabilitating Contaminated Land and Bodies of Water Around the Mayak Production Association » / Yu. V. Glagolenko, Ye. G. Drozhko, and S. I. Rovny, Mayak Production Association, in « Cleaning up sites contaminated with radioactive materials » – International workshop proceedings / NRC, National Academies Press, Washington DC , pp 81 à 98 (non daté).

[MK 2009] (en Russe) / Document grand public décrivant le bilan environnemental du site Mayak (32 pages).

Sur l'usine de retraitement de la Hague

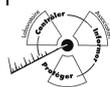
[LHC 1] Contrôles radiologiques dans l'environnement des installations nucléaires de la Hague / CRIIRAD / B. Chareyron / Décembre 1995 / Etude réalisée pour Greenpeace France.

[LHC 2] Rapport d'étude N°970526 : Contrôles radiologiques sur des organismes marins à la Hague / CRIIRAD / B. Chareyron / Mai 1997 / Etude réalisée pour Greenpeace France.

[LHC 3] Contrôles radiométriques et prélèvements réalisés par le laboratoire de la CRIIRAD à la Hague / CRIIRAD / B. Chareyron / Mission de juin 1998 / Etude réalisée pour Greenpeace France.

[LHC 4] Analyse par spectrométrie gamma et scintillation liquide sur des échantillons de solides et liquides en provenance du site COGEMA de la Hague / CRIIRAD / B. Chareyron et N. Tomasella / octobre 1998 / Etude réalisée à la demande de l'expert judiciaire pour le TGI de Cherbourg.

[LHC 5] Note CRIIRAD N°02-12 : Analyse de sédiments prélevés par Greenpeace au large de l'émissaire de l'usine de retraitement COGEMA de la Hague / CRIIRAD / B. Chareyron / Juin 2002 / Etude réalisée pour Greenpeace France.

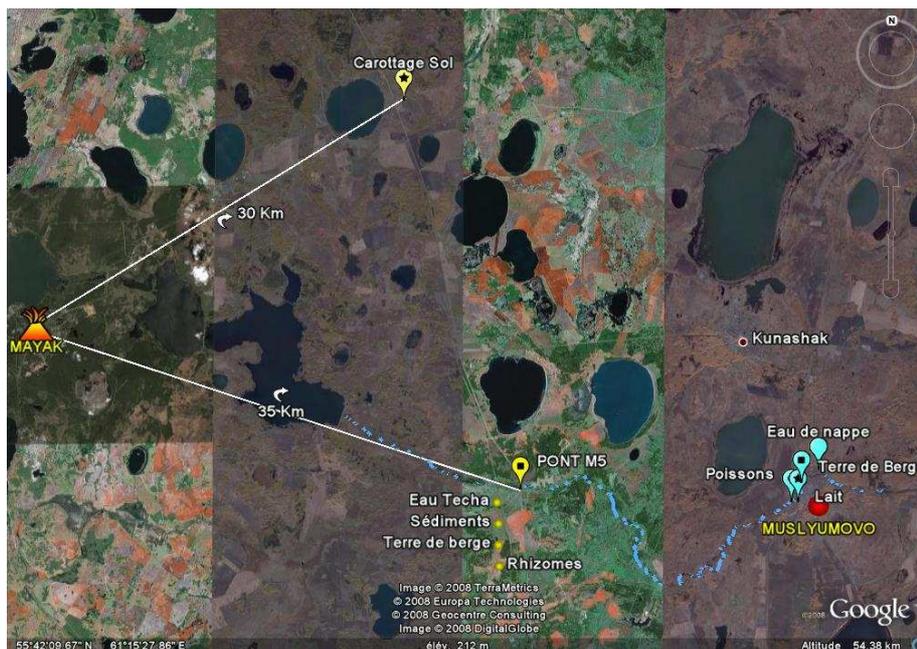


ANNEXE 1 / Extrait de la Note CRIIRAD N°09-102 du 15 septembre 2009 :

Synthèse de la participation du laboratoire de la CRIIRAD au tournage du documentaire « Déchets, le cauchemar du nucléaire » / B. Chareyron

Site nucléaire de Mayak (Oural, Russie)

Les mesures radiométriques in situ et les analyses d'échantillons effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD en mai 2008 au niveau de la rivière TECHA à environ 35 kilomètres en aval du site nucléaire de Mayak dans l'Oural, puis plus en aval au niveau du village habité de MUSLIMOVO, montrent la persistance d'une contamination radiologique par divers éléments radioactifs artificiels.



Localisation des points d'échantillonnage et de mesure (CRIIRAD)

Sur les berges de la rivière, le niveau de radiation gamma au contact du sol atteint 16 000 c/s (pont en amont du village de Muslimovo) et 7 500 c/s au niveau du village soit des valeurs respectivement 160 et 75 fois supérieures au niveau naturel (de 65 à 100 c/s).

Au droit du village sur les berges, le débit de dose est de 4,6 $\mu\text{Sv/h}$ au contact du sol et de 2,1 $\mu\text{Sv/h}$ à 1 mètre au dessus du sol soit des valeurs 15 à 25 fois supérieures à la normale.

Cette contamination est probablement liée aux accidents intervenus sur le site Mayak (dont la catastrophe de 1957) sans exclure une contribution des rejets radioactifs actuels du complexe nucléaire.

La **terre** prélevée par la CRIIRAD sous le pont dans le cadre du tournage est très contaminée par du césium 137 (183 000 Bq/kg frais), du strontium-90 (2 700 Bq/kg sec) et du plutonium (plutonium 239 et plutonium 240 : 2 200 Bq/kg sec). Les concentrations sont telles que cette terre peut être considérée comme un déchet radioactif. On notera que le plutonium est un élément très radiotoxique à période très longue (il faut 24 100 ans pour que la radioactivité du plutonium 239 soit divisée par 2).

Plus en aval, au niveau du village de Muslimovo, les habitants vivent en territoire contaminé. La CRIIRAD a mesuré une contamination en césium 137 de 55 000 Bq/kg dans la terre des berges de la TECHA.

Le **poisson** est contaminé par du césium 137 et du strontium 90 (respectivement 640 et 909 Bq/kg soit au total plus de 1 500 Becquerels par kilo de poisson séché). La consommation de 60 grammes de poisson frais par jour entraîne une dose de 370 μ Sv/an pour un adulte. Sans tenir compte des autres radionucléides très probablement présents dans le poisson comme le tritium mesuré dans l'eau et le plutonium détecté dans la terre de berge au pont de la Techa. A travers la seule consommation du poisson on dépasse déjà la contrainte de dose de 300 microSieverts par an recommandée par la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) pour limiter les risques sanitaires induits par l'exposition à un seul site nucléaire.

Le **lait** collecté chez une fermière lors du tournage est également contaminé par des éléments radioactifs (du césium 137 : 24,3 Bq/l, du strontium 90 : 34 Bq/l et du tritium 14,7 Bq/l). Il faut préciser que les vaches paissent couramment sur les berges de la rivière.

En termes de dose de radioactivité reçue, en ne considérant que le césium 137, strontium 90 et tritium mesurés dans le lait, la dose annuelle pour une consommation de 1 litre par jour serait de 463 microSieverts pour un adulte et 1 013 microSieverts pour un enfant de 1-2 ans.

Pour le jeune enfant, le simple fait de boire un litre de lait par jour peut entraîner un dépassement de la dose maximale annuelle admissible établie par la Commission Internationale de Protection Radiologique (1000 microsievverts par an).

Ces estimations de dose sont effectuées en utilisant les facteurs de risque officiels qui sont susceptibles de sous-estimer fortement les risques. La contamination radiologique du milieu naturel et des principales sources de nourriture (poisson, lait) expose les habitants à une irradiation externe et à une contamination interne. Les doses résultantes imposent que des mesures de protection soient prises pour les habitants de Muslimovo. Il aurait fallu évacuer ces habitants depuis longtemps et au minimum distribuer une nourriture saine, en particulier aux groupes les plus sensibles (femmes enceintes, jeunes enfants).



Russie, rives contaminées de la rivière Techa
A Muslimovo (CRIIRAD, C Courbon, mai 2008)

ANNEXE 2 / 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 actualisée⁶ 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 supérieure à 100 keV (agrément valable jusqu'au 10/7/2011), 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 01/02/2012).

En outre, le laboratoire de la CRIIRAD est agréé pour la mesure du radon dans les lieux ouverts au public (niveaux 1 A, 1 B et 2 ; validité jusqu'au 15 septembre 2011).

⁶ Liste détaillée disponible sur le site de l'ASN La liste des laboratoires agréés pour les mesures de la radioactivité de l'environnement, mise à jour à la date du 1er août 2010, avec les dates de validité de leurs agréments est établie conformément à l'arrêté du 11 août 2006 (JO du 24 septembre 2006) et aux décisions de l'ASN n°2007-DC-023 du 29 janvier 2007, n°2007-DC-0064 du 10 juillet 2007, DEP-0009-2008-PRESIDENT du 28 janvier 2008, DEP-DEU-0544-2008 du 09/07/08, n°2008-DC-0120 du 16 décembre 2008, DEP-DEU-0099-2009 du 06 février 2009, DEP-DEU-0373-2009 du président du 23 juin 2009, DEP-DEU-0704-2009 et DEP-DEU-0705-2009 du 8 décembre 2009, CODEP-DEU-2010-031543, CODEP-DEU-2010-031549 et CODEP-DEU-2010-031551 du 15 juin 2010 (bulletin officiel de l'ASN).

