



Association

CRIIRAD

Laboratoire

**Commission de Recherche et d'Information
Indépendantes sur la Radioactivité**

29 cours Manuel de Falla / 26000 Valence / France

☎ . 33 (0)4 75 41 82 50 / bruno.chareyron@criirad.org

NOTE CRIIRAD N°18-21
Valence, le 16 février 2018

Ru 106 / Mayak

Contamination par le ruthénium 106

Résultats des analyses de sol effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD dans l'environnement du site nucléaire Mayak

Rédaction : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, directeur du laboratoire de la CRIIRAD.

Contact : bruno.chareyron@criirad.org

1 / Contexte : nécessité de documenter l'hypothèse « Mayak »

Suite à la détection de **ruthénium 106** dans l'air d'une trentaine de pays de fin septembre à mi-octobre 2017, l'origine de la source fait toujours débat. Parmi les nombreuses hypothèses, celle d'un "incident" sur le site nucléaire « Mayak » a été envisagée par la CRIIRAD dès octobre¹ et reste une des plus solides.

- Ce site nucléaire est situé en Russie, **dans le secteur** pointé par les modélisations de plusieurs instituts (même s'il n'est pas situé dans la zone la plus probable issue des modélisations publiées le 9 novembre par l'IRSN français et le 10 novembre² par des scientifiques ukrainiens).
- Vu l'étendue de la contamination atmosphérique, le rejet de ruthénium 106 était nécessairement **très élevé**. Dans sa communication³ du 9 novembre 2017, l'IRSN avait pour sa part donné une estimation de **100 à 300 TBq** soit **100 à 300 mille milliards de becquerels**. Il est improbable qu'un rejet aussi élevé provienne d'une installation de production de ruthénium 106 à des fins médicales.
- Le site Mayak pratique des activités de **retraitement de combustibles usés** et de **vitrification** de déchets hautement radioactifs qui le conduisent à **rejeter⁴ régulièrement du ruthénium 106** à l'atmosphère (2,23 milliards de becquerels de Ru-Rh106 en 2015 selon le rapport annuel du site Mayak).

Dans le cas des rejets accidentels de septembre 2017, il semble que seuls les isotopes du ruthénium sont concernés. Or des rejets incontrôlés ne concernant **que le ruthénium** ont déjà eu lieu sur des installations similaires, par exemple, en 2001, au niveau de deux ateliers de vitrification de **l'usine de retraitement de combustibles irradiés de la Hague** en France. Lors de certaines étapes de traitement des solutions hautement radioactives issues de la dissolution des combustibles irradiés, le ruthénium se présente en effet **sous forme gazeuse (RuO₄)** qui peut facilement, en cas d'incidents, être rejeté massivement à l'atmosphère, sans que d'autres substances radioactives ne soient rejetées en même

¹ http://balises.criirad.org/pdf/cp_criirad_17-10-11_ru106-air.pdf

² <https://www.linkedin.com/pulse/detection-ruthenium-106-2017-meteorological-analysis-sources-ivan/>

³ http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20171109_Detection-Ruthenium-106-en-france-et-en-europe-resultat-des-investigations-de-l-IRSN.aspx#.WoQGCzkv8w

⁴ Dans le cadre des rejets "chroniques" du site Mayak, le ruthénium 106 n'est pas l'élément prépondérant en terme d'activité rejetée. Selon les chiffres officiels 2015, les rejets de gaz radioactifs (argon 41, krypton 88, xénon 135) étaient 25 000 fois plus élevés.

temps (en tout cas en quantités aussi importantes) . Le RuO₄ n'est pas stable dans l'air et se décompose en dioxyde de ruthénium (RuO₂), sous la forme **de très fines particules solides**.

- Le site Mayak a manifestement rencontré, en 2017, des **difficultés techniques** pointées dès octobre 2017 par Nadezda Kutepova.

Depuis lors, d'autres indices ont appuyé l'hypothèse "Mayak" :

- La commission internationale⁵ d'enquête mise en place par la Russie, a validé, lors de sa première réunion, le 31 janvier 2018 à Moscou, l'ordre de grandeur⁶ du rejet accidentel de ruthénium 106 à une valeur de **100 TBq, soit 100 000 milliards de Becquerels**.
- Les difficultés techniques rencontrées sur le site Mayak ont été confirmées par le fait que l'industriel a indiqué à ses clients, fin décembre, qu'il ne réussirait pas à honorer un contrat de livraison d'une source hautement radioactive de cérium 144. Cette information a été révélée par la presse italienne et par le journal français le Figaro, le 2 février. Or la fabrication de cette source nécessite le retraitement de combustibles usés relativement « frais ».
- La commission internationale mise en place par la Russie a conclu que le rejet de fin septembre 2017, correspondait à du **combustible irradié « frais »**. Elle s'appuie sur la composition isotopique Ru 106/ Ru 103 mesurée⁷ dans l'air en Autriche, République Tchèque et Suède.

D'un autre côté, les autorités russes affirment que les inspections conduites sur le site Mayak n'ont trouvé aucun dysfonctionnement par rapport aux processus technologiques normaux. Par ailleurs, les résultats d'analyse de contamination de l'air par le ruthénium 106 autour de Mayak, publiés par l'agence russe Rosguidromet, sont comparables à ceux enregistrés en Roumanie et en Ukraine.

2 / Objectifs des contrôles effectués par la CRIIRAD

Depuis octobre 2017, la CRIIRAD a tenté d'obtenir des échantillons de la couche superficielle des sols autour de sites nucléaires en Russie pouvant être à l'origine des rejets de ruthénium 106, et tout particulièrement autour de Mayak.

Concernant le site Mayak, les objectifs étaient de :

- Disposer de **mesures indépendantes des niveaux de retombées** de ruthénium 106 au sol, au voisinage de l'installation.

En effet, les niveaux de retombées de ruthénium 106 autour de Mayak, publiés par l'agence russe Rosguidromet⁸, ne montraient pas de "fortes retombées" (quelques centaines de Becquerels par mètre carrés), et indiquaient un niveau de contamination atmosphérique très inférieur à celui mis en évidence en Roumanie. La CRIIRAD avait indiqué par des communiqués⁹ de presse en date des 21 et 22 novembre 2017 que ces résultats ne correspondaient pas à des niveaux "extrêmement élevés", mais du même ordre de grandeur que ceux enregistrés en Roumanie, et ne pouvaient pas être utilisés pour "prouver" que Mayak était bien à l'origine des rejets.

- Vérifier les **niveaux de risques sanitaires** actuels, pour la population locale autour de Mayak, du fait des retombées au sol.

La période physique du ruthénium 106 est en effet relativement longue (il faut un peu plus **d'un an** pour que sa radioactivité soit divisée par deux). La réalisation de contrôles est importante, y compris

⁵ <http://en.ibrae.ac.ru/newstext/885/>

⁶ La commission n'a cependant pas précisé pourquoi elle a retenu la fourchette basse de l'estimation de l'IRSN.

⁷ Voir page 7 de http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_Report-on-IRSN-investigations-of-Ru-106-in-Europe-in-october-2017.pdf

⁸ Rapport mensuel Rosguidromet de septembre 2017 http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/X0%20byulleten_rorf_09_2017.pdf

⁹ http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/2017-11-21_cp_mise%20au%20point_1.pdf et http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/2017-11-22_cp_mise%20au%20point_2.pdf

plusieurs mois après les retombées, même si les mesures sont de plus en plus difficiles à réaliser et à interpréter, au fur et à mesure que l'on attend.

- Au delà de la question du ruthénium 106, vérifier le niveau de contamination résiduelle des sols autour de ce site qui a été l'objet de graves accidents¹⁰ avec des rejets massifs à l'atmosphère, en particulier en 1957 et 1967.

La réalisation de contrôles indépendants était d'autant plus utile que la communication de la première commission d'enquête russe posait de nombreuses questions évoquées dans le communiqué¹¹ CRIIRAD du 20 décembre 2017.

3 / Une campagne préliminaire portant sur l'ouest de Mayak

3.1 / Des mesures à l'ouest de Mayak

Ne disposant pas de moyens suffisants pour réaliser une véritable cartographie de la contamination des sols autour de Mayak, les efforts ont porté dans le cadre de ce travail préliminaire, sur **l'ouest du site nucléaire** et ceci pour plusieurs raisons :

- Les mesures de ruthénium 106 publiées par Rosguidromet (contamination de l'air et/ou retombées) apportaient des données sur des stations situées du nord-est (Metlino) au sud (Novogornyy, Argayash), il était donc prioritaire de réaliser des contrôles sur **d'autres portions** du territoire autour de Mayak.
- La contamination par le ruthénium 106 (quelle qu'en soit la source exacte), est allée en direction de l'ouest puisqu'elle a atteint l'Europe. Dans l'hypothèse où Mayak est à l'origine des rejets, il était donc logique de contrôler en priorité le secteur situé à **l'ouest**.

Il convient de souligner cependant que les simulations effectuées par la CRIIRAD montrent que, dans le cas où les rejets accidentels auraient bien eu lieu à Mayak, selon les dates et heures, les panaches contaminés auraient pu se diriger d'abord dans d'autres directions, notamment en direction du nord-est, avant de bifurquer en direction du sud-ouest.

- La plus grande partie de la population proche du site Mayak vit à l'ouest, dans la ville interdite d'**Oziorsk**, et dans celle de **Kyshtym**, il était donc prioritaire de vérifier les niveaux de retombées dans ces secteurs.

Par ailleurs, s'agissant de la contamination intervenue en 1957 (accident dit de "Kyshtym") et 1967 (poussières très radioactives dispersées par les vents à partir des rives du lac Karatchaï), les documents officiels indiquent que les retombées les plus importantes sont intervenues au nord-est. De nombreuses études attestent de la gravité de la contamination résiduelle dans ces secteurs (voir par exemple les mesures effectuées en 2008 par la CRIIRAD à Golubinka¹², à environ 30 km au nord-est de Mayak). On dispose par contre de peu de mesures indépendantes à l'ouest.

3.2 / Un travail très préliminaire

L'objectif de la CRIIRAD était de travailler par étapes successives. Si ces analyses par sondages révélaient une forte contamination en ruthénium 106, cela apporterait une preuve de la responsabilité de Mayak. Dans le cas contraire, il faudrait procéder à d'autres sondages dans les **secteurs angulaires non étudiés**.

Cette campagne d'analyse de sols ne constitue donc qu'une première étape, d'autant que dans l'hypothèse de rejets de durée limitée dans le temps, la trajectoire des panaches contaminés, au niveau local, est susceptible d'être limitée à un secteur angulaire très restreint. Les retombées au sol les plus intenses, qui dépendent en plus des éventuelles précipitations (pluie ou neige) **peuvent donc concerner une bande restreinte**.

¹⁰ http://www.criirad.org/installations-nucl/Mayak/CRIIRAD_Mayak_Kyshtym_Tcheliabinsk.pdf

¹¹ http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/2017-12-20_cp_Ru-106_enqu%C3%AAtte-russe.pdf

¹² http://www.criirad.org/installations-nucl/Mayak/CRIIRAD_Mayak_Kyshtym_Tcheliabinsk.pdf

La réalisation de quelques prélèvements de sol n'est donc pas suffisante pour couvrir les 360 ° autour du site. Il faudrait couvrir tous les secteurs angulaires et à différentes distances du terme source supposé.

3.3 / Difficultés rencontrées

Il faut insister ici sur les difficultés rencontrées pour réaliser ces sondages préliminaires :

- Impossibilité de s'approcher à moins de 14 kilomètres de Mayak du fait des limitations d'accès imposées par les autorités russes (zone interdite).
- Difficulté de trouver des partenaires locaux pour effectuer des prélèvements.
- Contrôles par les autorités. Une équipe de journalistes d'Envoyé Spécial qui s'est rendue sur place, a d'ailleurs été inquiétée par les services de sécurité, lors du tournage effectué en décembre 2017 aux environs de Mayak.
- Difficulté d'accès liée à l'enneigement lors de la campagne du 16 décembre 2017.

Photo des prélèvements de sol ES2 et ES3 par une équipe d'Envoyé Spécial, en décembre 2017



4 / Déroulement des prélèvements de sol

La CRIIRAD a organisé des échantillonnages avec des citoyens vivant sur place (code EK1) ou des équipes de journalistes français qui se sont rendus à Mayak : monsieur Laurent Valdiguié du magazine **EBDO** (code EB1, EB2, EB3 et EB4) et l'équipe conduite par madame Elise Ménand pour le magazine **Envoyé Spécial** de France 2 (code ES2, ES3 et ES4).

Les missions ont été préparées lors d'échanges avec monsieur Bruno Chareyron, directeur du laboratoire de la CRIIRAD, qui a donné des consignes portant sur le choix des stations, la réalisation des mesures de radiation in situ avant prélèvement, la réalisation des prélèvements et le conditionnement des échantillons pour le transport.

Au total **8 échantillons** ont été ramenés au laboratoire de la CRIIRAD à Valence (France) :

- le premier prélevé en **novembre 2017**, non loin du site IZOTOP à **Ekaterinburg** (à environ 110 kilomètres au nord / nord-ouest du site Mayak),
- les sept autres prélevés en **décembre 2017**, entre **14 et 20 km à l'ouest du site Mayak**.

Pour ces huit stations, les niveaux de débit de dose bêta-gamma au contact du sol étaient comparables au bruit de fond naturel.

La localisation des échantillons proches de Mayak figure sur la carte 1 ci-dessous. Y sont également reportés le site nucléaire Mayak, les villes proches (Oziorsk et Kyshtym) et les villages de Metlino et Novogornyy, pour lesquels l'agence russe Rosguidromet¹³ avait publié des résultats de retombées de ruthénium 106 (exprimées en Becquerels par mètre carré).

Sur cette carte figurent également, pour mémoire :

- l'échantillon "Sol 1" prélevé par la CRIIRAD en 2008 à **Goloubinka**, à environ 30 kilomètres au nord est de Mayak. L'analyse avait confirmé la très forte contamination résiduelle par le césium 137 (255 000 Bq/m²), très probablement imputable aux retombées de l'accident de 1957.
- le cours de la **rivière Techa** jusqu'au village de **Muslyumovo**. Les études¹⁴ réalisées par la CRIIRAD en 2008 et 2010 avaient confirmé la contamination des eaux, la forte contamination des terres des berges et l'exposition de la population de Muslyumovo à des niveaux de risques inacceptables.

Carte 1 / Localisation des sites d'échantillonnage de sol (application : GoogleEarth)



5 / Résultats des analyses de sol

Les échantillons de sol ont été analysés par **spectrométrie gamma**¹⁵. Cette méthode permet de détecter le ruthénium 106 (à partir de son descendant le **rhodium 106**) et d'autres radionucléides artificiels (césium 134, césium 137, iode 129, américium 241, etc.). Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma dans la matrice sol.

La spectrométrie gamma ne permet pas, par contre, de détecter des radionucléides émetteurs bêta purs (tritium, carbone 14, strontium 90, plutonium 241) ou alpha purs (plutonium 238, 239 et 240) qui sont pourtant présents dans les rejets radioactifs du site nucléaire Mayak.

Les principaux résultats sont reproduits dans le tableau 1 page suivante.

¹³ http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/X0%20byulleten_rorf_09_2017.pdf

¹⁴ <http://www.criirad.org/installations-nucl/Mayak/somdemayak.html>

¹⁵ Ont participé au traitement et à l'analyse des échantillons, monsieur Christian Courbon, technicien spécialisé, monsieur Stéphane Patrigeon, technicien métrologue, madame Marion Jeambrun, docteur en géochimie et monsieur Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire.

Les résultats d'analyse portant sur les radionucléides naturels ne sont pas mentionnés ici. Les activités du potassium 40 (< 400 Bq/kg), des radionucléides des chaînes du thorium 232 (< 40 Bq/kg) et de l'uranium 238 (< 40 Bq/kg) sont classiques, à l'exception du plomb 210 (descendant de l'uranium 238) dont l'activité peut atteindre 820 Bq/kg.

Tableau 1 / Radionucléides artificiels émetteurs gamma dans la couche superficielle des sols

Code	Lieu	Date prélèvement	Prélevé par	Etat (0)	Activité des radionucléides artificiels (émetteurs gamma) en Bq/kg				Retombée en Ruthénium 106 (Bq/m2) ⁽¹⁾
					Césium 137	Ruthénium 106 (à partir du Rhodium 106)	Américium 241	Iode 129	
EK 1	Banlieue sud-est d'EKATERINBURG / A 200 m du site IZOTOP / A 115 km au nord de Mayak	18/11/2017	Citoyen	Sec	131 ± 17	< 9	< 0,9	< 1,0	< 68
EB 1	16 km Ouest / Nord-Ouest de Mayak, bord route au nord de Kyshtym, bord lac	07/12/2017	l'EBDO	Sec	26 ± 5	< 12	< 1,3	< 1,3	< 38
EB 2	17 km Ouest de Mayak, au nord de Kyshtym, sous trouée d'une ligne électrique	07/12/2017	l'EBDO	Sec	226 ± 25	< 6	4,5 ± 1,4	1,7 ± 1,1 (2)	< 83
EB 3	14 km ouest de Mayak, entre Kyshtym et Oziorsk (lisière de forêt de pins et bouleaux)	07/12/2017	l'EBDO	Frais	56 ± 8	< 7	< 0,7	< 0,7	< 185
EB 4	20 km Ouest / Sud-Ouest de Mayak	07/12/2017	l'EBDO	Sec	22 ± 4	< 8	< 0,9	2,5 ± 1,4 (2)	< 200
ES 2	14 km Sud-Ouest Mayak	17/12/2017	Envoyé Spécial	Frais	189 ± 20	< 2,6	9,5 ± 1,5	2,9 ± 0,8	< 115
ES 3	15,5 km Ouest / Sud-Ouest Mayak	16/12/2017	Envoyé Spécial	Sec	4,7 ± 0,9	13,2 ± 4,4	< 0,25	< 0,24	580 à 1 200
ES 4	16 km Ouest / Nord-Ouest Mayak	17/12/2017	Envoyé Spécial	Sec	53 ± 7	< 6	< 0,7	< 0,7	< 309

Légende du tableau

Note (0) : les activités massiques sont données en becquerel par kilogramme de matière fraîche (Bq/kg f) ou de matière après dessiccation en étuve (Bq/kg s), selon que les échantillons ont été analysés « bruts » ou après dessiccation (sec).

Note (1) : le niveau des retombées surfaciques est déduit de l'activité massique relevée dans le sol superficiel (sur 4 à 10 cm de profondeur selon les stations). Contrairement à ce qui avait été convenu avant la réalisation des missions de terrain, la surface échantillonnée n'a, dans certains cas et compte tenu des contraintes de terrain, pas été mesurée mais estimée. Les résultats sont donc donnés avec une marge d'incertitude plus importante. Les valeurs sont systématiquement corrigées de la décroissance du ruthénium 106 entre le moment de l'analyse et une date de retombée « plausible » supposée au 26 septembre 2017, compte tenu des données publiées par Rosguidromet.

Note (2) : l'activité massique est donnée avec une marge d'incertitude relativement élevée. Une quantité de sol plus importante serait nécessaire pour affiner la mesure.

5.1 / Détection de ruthénium 106

Le ruthénium 106 (détecté à partir de son descendant émetteur gamma le rhodium 106) présente une activité mesurable dans un seul échantillon (ES 3) avec une activité de **13,2 ± 4,4 Bq/kg sec**, qui correspond à un dépôt de **580 à 1 200 Bq/m²**.

Cette valeur constitue une évaluation par défaut du dépôt initial dans la mesure où il ne peut être exclu qu'une partie du ruthénium 106 se soit enfoncée au delà de la profondeur¹⁶ de prélèvement ou ait été "exportée du sol" entre le moment du dépôt et le moment du prélèvement.

Par ailleurs, même si les prélèvements n'ont pas été effectués en forêt, ils l'ont été parfois en lisière de zones boisées avec la possibilité qu'une partie de la contamination atmosphérique aie été interceptée par le feuillage en fonction de l'angle des retombées.

Dans les autres échantillons, le ruthénium 106 n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il n'est pas présent dans l'échantillon, mais que son activité est inférieure à la capacité de détection de la méthode employée. On exprime alors les résultats sous la forme "*<, inférieur*" à la **limite de détection**. Cette limite de détection varie¹⁷ ici de < 2,6 Bq/kg frais à < 12 Bq/kg sec, ce qui, exprimé en becquerels par mètre carré, correspond à des valeurs < **38 Bq/m²** à < **309 Bq/m²**.

Un niveau de retombées de ruthénium 106 de 580 à 1 200 Bq/m² est sensiblement supérieur aux valeurs publiées par l'agence russe Rosgidromet¹⁸ qui indiquait, pour les stations proches du site Mayak une valeur maximale de **330 Bq/m²** à Metlino, à environ **15 km au nord-est** de Mayak (dépôt du 26 au 27 septembre 2017).

Des niveaux de retombées de plusieurs centaines de Bq/m² sont clairement anormaux, mais ils ne permettent pas de conclure que le rejet de septembre 2017 provient de Mayak, ni d'ailleurs qu'il n'en provient pas.

Ces niveaux sont globalement compatibles avec les résultats disponibles portant sur la contamination de l'air ambiant. En effet, Rosgidromet avait publié, pour la période du 26 septembre au 1er octobre, des valeurs comprises entre 18 et 46 mBq/m³ pour les stations d'Argayash (23 km au sud-est de Mayak) et Novogorny (8-10 km au sud).

Comparaison avec les rejets de 2001 à la Hague

Un rapport du Groupe d'Expertise Pluraliste (GEP) Nord Cotentin¹⁹ publié en 2002 a porté sur l'analyse des incidents de rejets incontrôlé de ruthénium 106 intervenus en 2001 sur deux ateliers de vitrification de l'usine de retraitement de la Hague.

Selon le GEP, pour l'incident de mai 2001, les prélèvements effectués sous le vent des cheminées des usines (angle d'une cinquantaine de degrés) et sur des distances allant de 500 à 7 000 mètres, ont indiqué des retombées maximales de RuRh-106 de **2 000 Bq/m² à 800 mètres** de la cheminée, ce qui a permis d'estimer le rejet autour de **50 milliards de becquerels** (à partir du dépôt au sol).

Une estimation basée sur la contamination de l'air détectée à 200 km sous les vents (14,8 µBq/m³) a donné une valeur de **5 milliards de becquerels**, soit une valeur **10 fois plus faible**, mais cohérente avec la mesure effectuée sur les aérosols en sortie de l'atelier de vitrification (4,5 milliards de Bq).

A la Hague, un rejet de plusieurs milliards de becquerels a donc conduit à des retombées de 2 000 Bq/m² à 800 mètres de la cheminée.

¹⁶ C'est cependant peu probable dans la mesure où les prélèvements ont été effectués moins de 3 mois après les dépôts et où l'élément ruthénium est a priori peu mobile dans le sol, gelé de surcroît à cette période de l'année.

¹⁷ La variabilité des limites de détection est liée aux conditions spécifiques de cette étude (faible quantité de matière, nécessité de faire compter certains échantillons frais, d'autres après dessiccation, nécessité de faire compter certains échantillons plus rapidement que d'autres compte tenu des contraintes externes).

¹⁸ http://www.criirad.org/accident-et-pollutions/X0%20byulleten_rorf_09_2017.pdf

¹⁹ Rapport du Groupe de Travail « Ruthénium », version finale du 3 octobre 2002.

L'exemple de la Hague montre :

- Que, s'il y a bien eu à Mayak fin septembre 2017, un rejet de 100 000 milliards de becquerels de Ru 106 et qu'il a été effectué dans des conditions météorologiques proches de celui de mai 2001 à la Hague, on peut s'attendre à des retombées locales très importantes de **plusieurs centaines de milliers voire plusieurs millions de Bq/m²**. De tels niveaux de retombées présentent un réel enjeu sanitaire, imposant la mise en oeuvre immédiate de mesures de protection.
- Que lorsqu'il s'agit d'un rejet de courte durée, les retombées les plus importantes peuvent ne concerner qu'un **secteur angulaire très limité**. Pour rechercher la zone de retombées maximales, il faut donc soit connaître les dates et heures des rejets et les conditions météorologiques précises à ce moment là (vitesse et direction du vent), soit effectuer une cartographie exhaustive de la contamination de l'environnement pour tous les secteurs angulaires.
- Qu'il est **très difficile de modéliser les retombées locales** dans le cas d'un rejet de ruthénium gazeux. Dans le cas de la Hague, l'examen des données a permis selon le GEP *"de mettre en évidence le rôle des aérosols ultra fins créés lors de la condensation ou de la réduction du RuO₄. Ces particules ultra fines ont des vitesses de dépôt très importantes (un ordre de grandeur supérieur à celle des aérosols naturels) et une durée de vie très courte par coagulation avec les aérosols naturels présents dans l'atmosphère. Ces caractéristiques expliquent les dépôts importants mesurés en champ proche (aérosols ultra fins)"*.

Dans sa note d'information du 9 novembre 2017, l'IRSN avait estimé²⁰ que, dans l'environnement du site à l'origine des rejets de septembre 2017, les dépôts radioactifs au sol pouvaient atteindre **60 000 à 100 000 Bq/m²** jusqu'à 40 km et **2 millions de Bq/m²** à moins de 2 km du site. Mais l'IRSN n'a pas donné de détail sur ses hypothèses de travail (notamment conditions météorologiques locales : direction et vitesse du vent, précipitations; forme physico-chimique du ruthénium ; durée des rejets, etc.) et sur les incertitudes afférentes. Or ces paramètres peuvent conduire à des configurations de retombées très différentes.

5.2 / Détection d'autres radionucléides artificiels

Les mesures réalisées par la CRIIRAD sur les sols prélevés en décembre 2017 à l'ouest de Mayak montrent une contamination par d'autres radionucléides artificiels.

Césium 137

On détecte du césium 137 dans tous les échantillons de sol, avec des valeurs comprises entre **4,7 ± 0,9 Bq/kg sec** et **226 ± 25 Bq/kg sec**. Le césium 137 est un produit de fission émetteur bêta et gamma de période physique²¹ égale à **30 ans**.

Cette contamination peut provenir des retombées des essais nucléaires atmosphériques particulièrement intenses dans les années 50-60, des retombées de Tchernobyl en 1986, et aussi bien sûr de Mayak, en particulier des accidents survenus en 1957 et 1967.

En effet, même si les retombées ont été nettement plus intenses au nord-est de Mayak, il est probable que les zones situées à l'ouest n'ont pas été totalement épargnées. Selon les cartes officielles, la ville de Kyshtym fait partie des zones ayant reçu, lors de l'accident de 1967, une retombée inférieure à

²⁰http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI_Ruthenium-106-en-Europe_20171109.pdf Extrait : *"La contamination liée au dépôt directement sur le champignon ne peut dépasser le niveau maximal admissible défini par le règlement Euratom 2016/52 de 1250 Bq/kg que si celui-ci est ramassé dans une zone où la contamination surfacique est comprise entre 60 000 et 100 000 Bq/m². D'après les estimations de l'IRSN pour cet événement, seuls les champignons cueillis dans une zone de 40 km autour du site ayant rejeté du ruthénium sont susceptibles de présenter une contamination supérieure aux normes Européennes"*.

²¹ La période physique est le temps nécessaire pour que la radioactivité soit divisée par 2.

11 100 Bq/m² pour le césium 137 ce qui correspond, après 50 ans, du fait de la décroissance physique de cet isotope, à une activité surfacique résiduelle de moins de 3 400 Bq/m².

L'analyse de la couche superficielle des sols (4 à 10 cm selon les stations) qu'a effectuée la CRIIRAD, donne une retombée résiduelle compatible avec ces données.

Il convient de souligner, que pour reconstituer des niveaux de retombées anciennes, le laboratoire de la CRIIRAD procède à des carottages²² de sol plus profonds (40 à 50 cm) de manière à quantifier le césium 137 qui a eu le temps de migrer²³ en profondeur.

Iode 129 et américium 241

Les analyses réalisées par la CRIIRAD ont révélé la présence **d'iode 129** dans 3 échantillons de sol (de l'ordre du Becquerel par kilogramme) et **d'américium 241** dans 2 échantillons (de l'ordre de quelques becquerels par kilogramme).

Il s'agit de radionucléides artificiels de longue, voire très longue période physique (**433 ans** pour l'américium 241 et **15,7 millions d'années** pour l'iode 129).

L'américium 241 est un radionucléide très radiotoxique et sa présence est le signe de celle de plutonium. L'iode 129, l'américium 241 et les isotopes du **plutonium** sont rejetés par les usines de retraitement et peuvent provenir des activités de Mayak.

Il n'est pas possible, dans le cadre de ce travail préliminaire, de distinguer la part imputable aux rejets actuels (en 2015, Mayak déclare²⁴ avoir rejeté à l'atmosphère 421 millions de becquerels de plutonium 239 ou radionucléides équivalents) du reliquat des catastrophes anciennes. Il faudrait pour ce faire réaliser des carottages pour reconstituer les profils de contamination et procéder à des mesures plus poussées (quantification des isotopes du plutonium et détermination des rapports isotopiques).

Pour se prononcer sur l'impact sanitaire de ces contaminations pour la population locale, il est indispensable :

1 / de réaliser des vérifications indépendantes sur le terrain et,

2 / d'obtenir plus de précisions de Mayak sur :

- ses rejets radioactifs actuels (on s'étonne de ne pas trouver l'iode 129, ou encore le tritium et le carbone 14, dans la liste des éléments rejetés à l'atmosphère, alors que les usines de retraitement en rejettent habituellement en grande quantité),
- les niveaux de contamination de l'environnement dans le secteur (air, eau, sol, faune, flore, chaîne alimentaire).

²² http://www.criirad.org/actualites/tchernobylfrancbelarus/tchernobylmisajourjuil05/Rapport_N_17-34%20Sols_Rh%C3%B4ne-Alpes.pdf

²³ Dans le tableau 1, pour le césium 137, seule l'activité massique est donnée, sans évaluation de l'activité surfacique. Une évaluation basée sur l'activité mesurée dans les 4 à 10 premiers centimètres de sol conduirait à sous-estimer fortement l'activité surfacique rémanente. En effet, ce radionucléide ayant une période relativement longue et une part importante des retombées ayant pu intervenir il y a plusieurs décennies, une fraction importante de la contamination a probablement migré dans les strates de sol plus profondes. Sans parler de la déperdition au cours du temps liée à d'autres facteurs, comme l'ont montré les campagnes successives effectuées par la CRIIRAD sur des sols en France.

²⁴ Voir page 40 de <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/9df/9df0a3166368ab5271dfbfa056fd11e.pdf>

6 / Conclusion

Le laboratoire de la CRIIRAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la RADioactivité), basé à Valence (France) a procédé à des analyses de **sols** prélevés en **décembre 2017** entre **14 et 20 km à l'ouest de Mayak**.

Ces analyses ont confirmé une contamination notable en **ruthenium 106**, pouvant atteindre **580 à 1 200 Bq/m²** soit des valeurs sensiblement supérieures, mais compatibles avec celles relevées en septembre 2017 par l'agence russe Rosguidromet (quelques centaines de Bq/m²).

Ces résultats n'ont pas permis d'apporter une conclusion sur la question de l'origine du ruthénium 106. En effet, ils ne correspondent pas aux très fortes retombées théoriques attendues localement dans l'hypothèse d'un rejet estimé à 100 000 milliards de Becquerels.

On notera cependant que si les rejets ont duré peu de temps, les zones localement les plus contaminées peuvent être dans un secteur angulaire restreint qui n'a pas été échantillonné.

Par ailleurs, le retour d'expérience portant sur des rejets incontrôlés de ruthénium 106 intervenus en 2001 sur le site de la Hague (France) montre que, **très près de l'installation**, il peut y avoir des retombées nettement plus intenses que ce que donnent les modèles habituels de dépôt des poussières.

Plus de 4 mois après les rejets, les autorités russes n'ont **toujours pas publié de cartographie détaillée** du niveau de contamination des sols et des bioindicateurs autour de Mayak.

Il est donc indispensable de conduire un programme d'analyse indépendante de l'environnement autour de Mayak, avec un plan de prélèvement par cercles concentriques de rayon croissant, et en tenant compte des conditions météorologiques dans la période pressentie des rejets.

Il faudrait impérativement rajouter des stations de prélèvements, en particulier dans le secteur Nord, mais aussi plus près de Mayak. Une grande partie de la zone à étudier étant interdite d'accès par les autorités russes, une partie de ces prélèvements ne peut être effectuée que si les **autorités lèvent ces interdictions**.

La réalisation de contrôles approfondis et indépendants est d'autant plus justifiée que la CRIIRAD a mis en évidence à l'ouest de Mayak une contamination par des radionucléides à très longue période, **américium 241 (433 ans)** et **iode 129 (15,7 millions d'années)**. La présence d'américium 241 dans la couche superficielle des sols indique celle de **plutonium**.

La CRIIRAD demande aux autorités russes qu'elles rendent publiques **la liste exhaustive et la quantité des substances radioactives rejetées à l'atmosphère** par le site Mayak ainsi que les résultats complets des analyses effectuées sur les **sols, l'air, l'eau, la faune, la flore et la chaîne alimentaire**.

Elle demande également que soit autorisée la réalisation de **contrôles indépendants** de la radioactivité des sols et des bioindicateurs terrestres **au plus près du site nucléaire**.