

7.2

Mesures de plutonium et d'américium dans l'environnement

P. Froidevaux, P.-A. Pittet, L. Pfefferlé, F. Barraud, F. Bochud

Institut de radiophysique, CHUV, Grand Pré 1, Lausanne

Résumé

Nous avons mesuré le Pu et l'Am dans des échantillons de sol, de sédiments, de filtres à air, de poissons, de plantes aquatiques, d'eau de surface et d'eau souterraine. Les résultats sont compatibles avec une contamination provenant essentiellement des retombées des essais nucléaires des années soixante. Ce dépôt est bien fixé dans le sol, comme en attestent les mesures des filtres à air, qui montrent des activités très faibles, mais représentatives de la remise en suspension de particules de sol par le vent. Les mesures des plantes aquatiques prélevées dans les rivières en aval des centrales nucléaires montrent que l'activité présente dans les plantes est probablement liée au dépôt de particules de sédiments enrichis en Pu et Am sur les feuilles. Les poissons ne présentent pas d'activité en Pu et Am mesurable au-dessus de la limite de détection de la méthode, à l'exception de deux échantillons, l'un positif au Pu (5.1 mBq/kg ms) et l'autre positif à ^{241}Am (1.4 mBq/kg ms). Les activités en Pu des eaux de rivières prélevées en aval des centrales nucléaires ne dépassent pas 7.0 mBq/m³, soit des valeurs très proches de celles mesurées les années précédentes. L'analyse détaillée des données en Pu disponibles pour les filtres à air entre 2013 et 2019 montre que l'activité de l'air (en nBq/m³) est proportionnelle à la masse de particules de sol présentes sur les filtres (en µg/m³), ce qui confirme que l'activité dans l'air provient uniquement de la resuspension de particules de sol, et qu'il n'y a pas eu de contamination aérienne supplémentaire durant cette période.

Introduction

Le plutonium et l'américium sont deux radioéléments artificiels dont l'origine dans l'environnement remonte aux essais d'armes nucléaires en atmosphère durant les années soixante, à différents accidents nucléaires (Windscale, Tchernobyl, Mayak, Fukushima) ainsi qu'à des émissions (notamment dans l'eau) autorisées. Ces deux radioéléments représentent un risque radiologique s'ils sont incorporés dans l'organisme via l'inhalation ou à travers la chaîne alimentaire.

Le plutonium possède une chimie d'oxydoréduction complexe et existe sous des formes physico-chimiques variées dans l'environnement. En conséquence, déterminer son comportement géochimique (dont sa mobilité) et sa biodisponibilité représente un véritable challenge. L'OFSP mesure depuis plus de vingt ans ces deux radioéléments dans différents compartiments de l'environnement à proximité des centrales nucléaires suisses et dans certains sites de référence. L'image principale que l'on peut tirer de ces mesures est que la présence de Pu et Am dans ces échantillons est essentiellement due aux retombées des essais nucléaires

atmosphériques des années soixante avec, parfois, la présence d'ultratraces de Pu et d'Am (parfois aussi ^{244}Cm) dont l'origine peut être attribuée aux rejets des centrales nucléaires ou à des événements particuliers, comme l'éruption du volcan Eyjafjallajökull en 2010, qui a entraîné du Pu, provenant des essais nucléaires encore présent dans la stratosphère, jusque dans les couches basses de l'atmosphère [1]. L'intégration des dépôts de Pu et Am, dus aux essais nucléaires, dans le sol donne des rapports isotopiques de $^{238}/^{239+240}\text{Pu}$ de 0.027 et $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ de 0.40, recalculés pour l'année 2019. On verra au cours de ce rapport que ces indicateurs de contamination sont parfaitement respectés pour les sols, avec quelques variations liées aux larges incertitudes et au fractionnement des éléments pour certains types d'échantillons (eaux, poissons, etc.).

Dans ce travail, nous avons déterminé l'activité en Pu et Am de différents compartiments de l'environnement représentés par le sol, les sédiments de rivières, l'air, l'eau souterraine et l'eau de rivière ainsi que les plantes aquatiques et les poissons. Les sites de prélèvements sont principalement les environs des centrales nucléaires suisses, et plus particulièrement les rivières dans lesquelles elles rejettent des effluents liquides radioactifs. La compréhension des mécanismes de mobilité et de biodisponibilité du Pu et de l'Am est donc un prérequis indispensable à l'interprétation de ces données.

Méthodes

Les méthodes d'analyses du plutonium et de l'américium dans les différents compartiments de l'environnement sont décrites en détail dans la référence [2].

Résultats et discussion

Le tableau 1 présente les résultats obtenus dans la mesure des sols échantillonnés sur l'ensemble du territoire suisse, avec une focalisation sur les sites aux environs des centrales nucléaires suisses. En vue du démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg, sept sites spécifiques autour de la centrale ont été échantillonnés et analysés indépendamment. Les activités sont très proches de celles obtenues les années précédentes et ne montrent pas de marquage autre que par les retombées des essais nucléaires des années soixante. La mesure du rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ et du rapport isotopique $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ permet de déterminer l'origine de la contamination par comparaison avec les mêmes rapports des retombées des essais nucléaires des années soixante. Ces rapports doivent être proches de 0.029 pour $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ et de 0.46 pour $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ si on attribue la contamination aux retombées radioactives des essais nucléaires. Le rapport $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ évolue avec le temps car ^{241}Am est issue de la désintégration de ^{241}Pu (émetteur bêta non mesuré dans cette étude, de période 14.4 ans) et, selon les équations de Bateman, atteindra son maximum pour les retombées des essais nucléaires des années soixante, vers 2035. Le combustible irradié d'une centrale nucléaire montre en général des rapports $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ et $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ supérieurs à 1.

Cette année, nous avons fait un effort particulier pour quantifier ^{238}Pu dans chaque échantillon de sol, et répété les analyses un certain nombre de fois afin d'évaluer la reproductibilité des mesures pour ce type d'échantillon. Les résultats montrent que, dans la limite des incertitudes de mesures, les valeurs indiquées sont très reproductibles entre les aliquotes de mesures de 50 g chacun. On constate toutefois que les activités de ^{238}Pu , dont les valeurs sont très basses et proches de 5 mBq/kg ms de sol, sont entachées d'une incertitude voisine de 50%. Celle-ci se reporte sur le rapport $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, qui devient très incertain. Néanmoins, la moyenne des rapports $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ pour 25 mesures avec ^{238}Pu quantifiable au-dessus de la limite de détection est de 0.029, soit très proche de ce qui est attendu pour une contamination provenant uniquement des essais nucléaires des années soixante. Malgré une forte incertitude, ce rapport reste donc un excellent indicateur et nous maintiendrons la mesure de ^{238}Pu dans les sols comme objectif, nonobstant la difficulté de la mesure.

S'il n'y a pas d'émission de radioactivité dans l'atmosphère, par exemple lors de situations accidentelles, l'activité en Pu et Am des filtres à air reflète la remise en suspension de particules de sol par abrasion par le vent.

La Figure 1 représente l'activité en nBq/m³ des filtres à air de différents sites de 2013 à 2019, en fonction de la quantité de cendres, normalisée au volume, obtenue lors de la calcination des filtres collectés sur l'année en cours (environ 52 filtres). Cette grandeur est une bonne approximation de la quantité de particules de sol remises en suspension et collectées par les filtres. On constate que l'activité mesurée sur les filtres à air est directement proportionnelle à la quantité de cendres (exprimée en µg/m³) contenue sur le filtre.

Tableau 1:

Activités (Bq/kg de matière sèche MS) en plutonium et américium dans les échantillons de sol (0-5 cm) collectés sur le territoire suisse en 2019 (incertitudes à 95%).

Lieu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu Bq/kg MS	²³⁸ Pu Bq/kg MS	²⁴¹ Am Bq/kg MS	²⁴¹ Am/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²³⁸ Pu/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Gösgen (Däniken)	0.235 ± 0.021 0.235 ± 0.015	0.0067 ± 0.0030 0.0053 ± 0.0018	0.099 ± 0.018 0.109 ± 0.007	0.422 ± 0.085 0.463 ± 0.043	0.029 ± 0.012 0.022 ± 0.007
Arenenberg	0.121 ± 0.022 0.127 ± 0.014 0.122 ± 0.011	0.0049 ± 0.0019	0.061 ± 0.008 0.053 ± 0.006	0.502 ± 0.111 0.418 ± 0.068	0.040 ± 0.016
Beznau	0.167 ± 0.016	0.0048 ± 0.0025	0.079 ± 0.007	0.474 ± 0.063	0.029 ± 0.015
Cadenazzo	0.098 ± 0.015 0.132 ± 0.024 0.127 ± 0.018 0.118 ± 0.010	0.0030 ± 0.0013	0.078 ± 0.011 0.052 ± 0.006	0.795 ± 0.166 0.393 ± 0.087	0.026 ± 0.011
CERN (Meyrin)	0.110 ± 0.009 0.112 ± 0.010	0.0037 ± 0.0015	0.043 ± 0.008 0.049 ± 0.006	0.387 ± 0.078 0.440 ± 0.063	0.033 ± 0.014
Güttingen	0.154 ± 0.022 0.175 ± 0.019 0.166 ± 0.015	0.0058 ± 0.0028 0.0056 ± 0.0022	0.087 ± 0.009 0.075 ± 0.008	0.567 ± 0.100 0.431 ± 0.066	0.033 ± 0.017 0.034 ± 0.014
Leibstadt	0.188 ± 0.017	0.0057 ± 0.0030	0.0074 ± 0.008	0.396 ± 0.054	0.030 ± 0.013
Mühleberg, Rewag	0.146 ± 0.016 0.182 ± 0.013	0.0057 ± 0.0030	0.084 ± 0.014 0.077 ± 0.006	0.573 ± 0.115 0.421 ± 0.050	0.031 ± 0.011
Mühleberg, Salvisberg	0.155 ± 0.015 0.158 ± 0.015 0.163 ± 0.011	0.0046 ± 0.0020 0.0053 ± 0.0030 0.0039 ± 0.0020	0.064 ± 0.010 0.075 -0.006 0.077 ± 0.008	0.413 ± 0.075 0.470 ± 0.060 0.470 ± 0.058	0.030 ± 0.014 0.033 ± 0.015 0.024 ± 0.002
Mühleberg, Ufem Horn	0.143 ± 0.015 0.164 ± 0.012	0.0032 ± 0.0014	0.067 ± 0.011 0.073 ± 0.061	0.469 ± 0.090 0.444 ± 0.049	0.020 ± 0.009
Mühleberg, Niederruntigen	0.053 ± 0.009 0.063 ± 0.008 0.070 ± 0.008	0.0024 ± 0.0014	0.042 ± 0.011 0.028 ± 0.003 0.030 ± 0.006	0.801 ± 0.249 0.443 ± 0.077 0.434 ± 0.091	0.039 ± 0.024
Mühleberg, Oberruntigen	0.226 ± 0.022 0.244 ± 0.016	0.0065 ± 0.0026 0.0060 ± 0.0006	0.097 ± 0.007 0.119 ± 0.010	0.433 ± 0.054 0.488 ± 0.054	0.029 ± 0.012 0.025 ± 0.002
Mühleberg, Clôture	0.157 ± 0.022 0.182 ± 0.013	0.0046 ± 0.0002	0.070 ± 0.006 0.093 ± 0.009	0.447 ± 0.073 0.510 ± 0.062	0.025 ± 0.002
Mühleberg, Fuchsenried	0.116 ± 0.013	0.0032 ± 0.0019	0.051 ± 0.006	0.439 ± 0.071	0.028 ± 0.017
Posieux	0.180 ± 0.018 0.210 ± 0.013	0.0051 ± 0.0030 0.0046 ± 0.0016	0.088 ± 0.020 0.087 ± 0.006	0.491 ± 0.124 0.412 ± 0.039	0.029 ± 0.014 0.022 ± 0.008
Villigen (PSI)	0.135 ± 0.015	0.0052 ± 0.0030	0.055 ± 0.005	0.407 ± 0.060	0.039 ± 0.021
Würenlingen (ZWILAG)	0.128 ± 0.031 0.169 ± 0.015 0.172 ± 0.014	0.0050 ± 0.0022 0.0054 ± 0.0021	0.080 ± 0.009 0.073 ± 0.006	0.623 ± 0.147 0.429 ± 0.053	0.030 ± 0.013 0.031 ± 0.013
Caslano	0.116 ± 0.017 0.117 ± 0.019 0.121 ± 0.013 0.122 ± 0.010	0.0040 ± 0.0005	0.066 ± 0.008 0.049 ± 0.006	0.568 ± 0.063 0.417 ± 0.083	0.033 ± 0.003
Stabio	0.386 ± 0.052 0.430 ± 0.032 0.433 ± 0.028	0.0115 ± 0.0035 0.0136 ± 0.0006	0.200 ± 0.015 0.198 ± 0.012	0.517 ± 0.080 0.461 ± 0.045	0.027 ± 0.009 0.032 ± 0.003
moyenne				0.46 ± 0.06 (n=36)	0.029 ± 0.005 (n=25)

Les deux courbes cernant les points de mesure indiquent l'intervalle de confiance à 95%, dans lequel les mesures devraient se trouver. Si un point devait figurer significativement hors de ces limites, il y aurait matière à investiguer de manière plus approfondie la présence d'une éventuelle contamination de l'air ne provenant pas de la resuspension de particules de sol. Les données de la Figure 1 confirment que, sur le plateau suisse où la déposition de radioactivité suite aux essais nucléaires est relativement homogène, l'activité des filtres à air peut être estimée à partir de la quantité de cendres et du volume d'air prélevé.

L'activité en ^{241}Am est également quantifiable sur les filtres à air (Tableau 2). Le rapport isotopique $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ moyen de 0.45 ± 0.06 nBq/m³, proche de la valeur 0.46 obtenue cette année sur les sols de Suisse, confirme que ce radioélément provient également de la remise en suspension de particules de sol. Dans deux échantillons de filtres à air (Klingnau et Liebefeld, semestre II), ^{238}Pu était également quantifiable, avec un rapport $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ de 0.040 et 0.036, soit proche de la valeur attendue de 0.029 pour les sols, confirmant la resuspension de particules de sol comme source de l'activité des filtres à air.

En 2019, l'OFSP a abandonné les collecteurs de bas débit, autrefois présents sur les sites de Mühleberg et de Leibstadt. Comme les années précédentes, le site de Posieux montre l'activité en Pu la plus élevée (1.21 nBq/m³). C'est aussi pour ce site que la quantité de cendres après calcination des filtres à air est la plus élevée (> 8 µg/m³). De manière similaire aux années précédentes, le site de Liebefeld présente une activité en Pu plus élevée lors du deuxième semestre, car le prélèvement est effectué principalement durant la saison sèche. La quantité de particules remise en suspension est de 6.7 µg/m³, contre seulement 5.9 µg/m³ pour la saison humide.

Les activités des eaux de surface (eaux de rivière) et eaux souterraines sont présentées dans le tableau 3. Les valeurs d'activité sont très proches de celles mesurées en 2018. L'activité en $^{239+240}\text{Pu}$ des eaux de surface n'a pas dépassé 7.0 mBq/m³ (Rhin, Pratteln). L'activité du ^{238}Pu est restée inférieure à la limite de détection dans tous les cas.

Dans les eaux souterraines, l'activité en Pu est restée inférieure à 3 mBq/m³. Toutefois, pour les eaux souterraines, seuls 105 litres ont été collectés, ce qui ne suffit en général pas à mesurer le Pu au-dessus de la limite de détection avec une méthode radiométrique comme la spectrométrie alpha (utilisée dans ce travail). De manière assez surprenante, ^{241}Am a pu être quantifié dans l'eau souterraine collectée à Pratteln, et avec une activité environ deux fois supérieure à celle des eaux de surface. Toutefois, les eaux souterraines sont prélevées ponctuellement, et l'activité mesurée n'est pas moyennée sur une période donnée.

D'une manière générale, les résultats montrent qu'il est nécessaire de prélever au moins 200 litres d'eau pour être en mesure de déterminer les activités en $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am avec une sensibilité suffisante pour des mesures par spectrométrie alpha. Nous recommandons ainsi qu'un volume d'au moins 200 litres soit collecté par site en 2020.

Tableau 2:

Activités (nBq/m³) en $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am des filtres à air de grands volumes collectés en 2019 en Suisse. Les filtres hebdomadaires sont rassemblés pour former un échantillon annuel pour les mesures de plutonium et d'américium, ou dans certains cas, un échantillon semestriel (incertitudes à 95%).

Lieu	Volume m ³	$^{239+240}\text{Pu}$ nBq/m ³	^{238}Pu nBq/m ³	^{241}Am nBq/m ³	$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$
Klingnau	5'681'997	0.71 ± 0.07	0.029 ± 0.012	0.28 ± 0.05	0.40 ± 0.08
Posieux	4'820'667	1.21 ± 0.13	< 0.07	0.51 ± 0.07	0.42 ± 0.08
Liebefeld, semestre 1	3'791'161	0.57 ± 0.08	< 0.06	0.25 ± 0.06	0.44 ± 0.12
Liebefeld, semestre 2	3'999'703	1.36 ± 0.13	0.049 ± 0.023	0.72 ± 0.11	0.53 ± 0.10
moyenne					0.45 ± 0.06

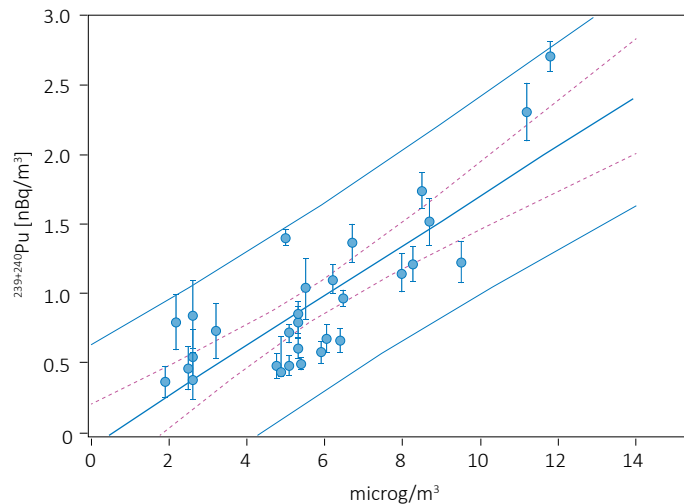


Figure 1 : Activité en $^{239+240}\text{Pu}$ des filtres à air (nBq/m³) en fonction de la quantité de cendres sur les filtres à air exprimée en µg/m³, pour les années 2014-2019 et différents sites du plateau suisse.

Tableau 3:

Activités (mBq/m³) en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am des eaux collectées en Suisse durant l'année 2019. (incertitudes à 95%).

Type	Lieu	Volume [l]	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu mBq/m ³	²³⁸ Pu mBq/m ³	²⁴¹ Am mBq/m ³	²⁴¹ Am/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Eau de rivière	Rhône, Chancy, 26.09.2017-28.09.2018	240	1.6 ± 0.8	< LD	1.6 ± 0.5	1.00 ± 0.61
	Aar (Hagneck), janvier	205	6.6 ± 1.4	< LD	2.1 ± 0.8	0.32 ± 0.14
	Aar (Klingnau), mai-juin	360	1.7 ± 0.9	< LD	1.5 ± 0.7	0.89 ± 0.61
	Rhin (Pratteln), mars	205	7.0 ± 1.4	< LD	1.2 ± 0.5	0.18 ± 0.08
Eau souterraine	Aarberg, 06.11.2019	105	< 2	< 2	< 2	< LD
	Döttingen, 06.11.2019	110	< 1.5	< 1.5	< 1.3	< LD
	Pratteln, 06.11.2019	105	< 3	< 3	3.6 ± 1.2	< LD
Eau de pluie	Posieux	749	2.1 ± 0.5	< LD	n.m. ^{a)}	
	Mühleberg	802	1.5 ± 0.5	< LD	n.m. ^{a)}	
	Leibstadt	749	0.6 ± 0.3	< LD	n.m. ^{a)}	

^{a)} problème lors de l'électrodéposition des sources alpha

Tableau 4:

Activités (mBq/kg Matières Sèches - MS) en plutonium et américium de différents échantillons aquatiques prélevés en 2019 en aval des centrales nucléaires suisses (incertitudes à 95%).

Type	Lieu	MS [g]	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu mBq/kg MS	²³⁸ Pu mBq/kg MS	²⁴¹ Am mBq/kg MS	²⁴¹ Am/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu
Plantes aquatiques	Aar (Hagneck), 06.11.2019	14	45 ± 9	< LD	11 ± 4	0.24 ± 0.10
	Aar (Klingnau), 06.11.2019	31	60 ± 9	< LD	21 ± 4	0.36 ± 0.09
	Rhin (Pratteln), 06.11.2019	20	46 ± 9	< LD	19 ± 4	0.39 ± 0.12
Sédiments	Aar (Hagneck), janvier	50	19.7 ± 3.3	< LD	9.3 ± 2.8	0.47 ± 0.16
	Aar (Klingnau), juin	50	63.8 ± 8.8	< LD	28.9 ± 7.0	0.45 ± 0.13
	Rhin (Pratteln), mai	50	29.2 ± 4.9	< LD	n.m.	
			38.0 ± 8.7	< LD	14.4 ± 4.5	0.38 ± 0.14
			50.3 ± 8.7	< LD	11.5 ± 3.4	0.22 ± 0.07
Poissons	Aar (Däniken), 14.08.2019	13	< LD			
	Rhin (Dogern), 17.07.2019	130	< LD	< LD	< LD	< LD
	Aar (Mühleberg), 19.05.2019	75	5.1 ± 1.5	< LD	< LD	< LD
	Aar (Bezau), 05.08.2019	115	< LD	< LD	1.4 ± 0.6	< LD
	Rhin (Leibstadt), 16.07.2019	100	< LD	< LD	< LD	< LD

Les résultats des mesures effectuées sur différents échantillons de l'environnement aquatique collectés en aval des centrales nucléaires sont présentés dans le Tableau 4. ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am sont mesurables au-dessus des limites de détection dans les plantes aquatiques et les sédiments (phase suspendue) de rivière. Les valeurs d'activité obtenues sont très proches de celles mesurées en 2018 pour ces deux types d'échantillons. Les rapports isotopiques ²⁴¹Am/²³⁹⁺²⁴⁰Pu observés sont proches de 0.40 (0.38, n=7), indiquant dans ce cas également une contribution très majoritaire des retombées des essais nucléaires des années soixante. Pour tous les échantillons, ²³⁸Pu est resté en dessous des limites de détection.

Dans les poissons, seules des traces de ²⁴¹Am (Bezau) et de ²³⁹⁺²⁴⁰Pu (Mühleberg) ont été mesurées. Il est essentiel d'augmenter la masse collectée si l'on désire pouvoir quantifier ces radioéléments dans tous les échantillons de poissons car, malgré des rendements chimiques supérieures à 80 % dans l'analyse de Am, seule une activité a pu être quantifiée.

Conclusions

Les mesures de Pu et Am effectuées dans ce travail ont montré la persistance, à un niveau d'activité très faible ($< 0.433 \text{ Bq/kg}$) de Pu et Am dans les sols de Suisse. Cette activité est bien fixée dans le sol et résulte des retombées des essais nucléaires atmosphériques des années soixante. En conséquence, les activités en Pu et Am des filtres à air n'ont pas dépassé 1.36 nBq/m^3 . Le rapport isotopique moyen $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ des filtres à air est identique à celui des sols, dans les limites des incertitudes de mesures, ce qui confirme que l'origine de la contamination est liée aux essais nucléaires des années soixante et à la remise en suspension de particules de sol. Ce fait est encore confirmé par la normalisation de l'activité des filtres à air par rapport à la masse de cendre obtenue après calcination des filtres. La masse de cendre est un bon estimateur de la quantité de particules de sol remise en suspension dans l'environnement du collecteur d'air. Plus cette quantité est élevée, plus l'activité en Pu et Am des filtres à air est élevée, ce qui confirme que l'on observe bien un phénomène de remise en suspension du sol par le vent.

Les activités des eaux de surface et des eaux souterraines sont similaires aux années précédentes et n'ont pas dépassé 7.0 mBq/m^3 . Pour ces mesures également, le rapport $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ indique les essais nucléaires des années soixante comme origine de la contamination. Les mesures confirment également qu'il est nécessaire de collecter plus de 200 litres d'eau pour fournir des résultats en dessus de la limite de détection de la mesure par spectrométrie alpha.

Les mesures dans les sédiments en aval des centrales nucléaires n'ont pas montré de marquage propre aux rejets des centrales; l'activité provient également des retombées des essais nucléaires. Les plantes aquatiques montrent une activité en Pu compatible avec le dépôt de particules de sédiments sur la surface des feuilles. Ces activités sont très similaires à celles déterminées durant cette dernière décennie sur ces mêmes échantillons. Les activités dans les poissons sont restées en dessous des limites de détection à l'exception de traces de ^{241}Am et Pu dans deux échantillons. Pour ces échantillons également, il est nécessaire d'augmenter la quantité échantillonnée si l'on désire quantifier les activités en Pu et Am.

Dans l'ensemble, toutes ces mesures montrent qu'il est nécessaire de prélever des masses ou des volumes importants d'échantillons pour être en mesure de déterminer le plutonium et l'américium au-dessus des limites de détection de la spectrométrie alpha. Ce point est rassurant et montre que l'environnement en Suisse est actuellement sain en ce qui concerne la dissémination de ces deux radioéléments fortement radio-toxiques. Une augmentation significative de ces radioéléments dans l'environnement, liée aux activités de l'industrie nucléaire, devrait être ainsi facilement détectée.

Remerciements

Nous remercions l'OFSP et l'EAWAG pour le prélèvement des échantillons.

Références

- [1] Corcho Alvarado et al. Nature Communications, 2014, 5, article n° 3030.
- [2] Luisier et al. A new method for the determination of plutonium and americium using high pressure microwave digestion and alpha-spectrometry or ICP-SMS. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2009, 281,425–432.

Chapitre / Kapitel 7

Mesures de nucléides spéciaux
Messung von Spezialnukliden

2019

- Carbone 14, Krypton 85, Argon 37
- Plutonium et Américium
- Kohlenstoff-14, Krypton-85, Argon-37
- Plutonium und Americium