

Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (2012)

Rubrik: Radioaktivität im Menschen = Radioactivité dans le corps humain

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz

Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse

Ergebnisse 2012
Résultats 2012



6

Radioaktivität im Menschen Radioactivité dans le corps humain

6.1 Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2012	91
Zusammenfassung	91
Ziel der Messungen	91
Messmethode	91
Ergebnisse und Interpretation der ^{137}Cs -Messungen	92
^{40}K -Gehalt des Körpers	92
6.2 Mesure de ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait	93
Résumé	93
Introduction	93
Résultats et discussion	94
Conclusions	95



6.1

Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2012

S. Estier

Sektion Umweltradioaktivität, URA BAG, 3003 Bern

M. Boschung

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, PSI, 5232 Villigen-PSI

Mme. S. Namy, et K. Jeandet

Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspitals, Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 Genf-4

Zusammenfassung

Ganzkörpermessungen zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes im menschlichen Körper werden regelmässig an Mitarbeitern des Paul-Scherrer-Institutes (PSI) in Villigen sowie an Gymnasiasten aus Genf durchgeführt. Während die ^{137}Cs -Messresultate aus Genf durchwegs unter der Nachweisgrenze (ca. 45 Bq) lagen, meldete das PSI 6 Messwerte zwischen 60 und 200 Bq. Die ^{137}Cs -Aktivitäten für die anderen 505 am PSI durchgeführten Messungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 60 Bq.

Ziel der Messungen

Im PSI werden Ganzkörpermessungen zur Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen dieses Institutes eingesetzt, von denen viele im Kanton Aargau wohnen. Bei Ereignissen mit Verdacht auf Inkorporation radioaktiver Stoffe können auch Personen der Bevölkerung gemessen werden. Bei den Messungen aus Genf handelt es sich um Gymnasiastinnen und Gymnasiasten.

Messmethode

Ganzkörpermessungen am Kantonsspital Genf werden mit grossvolumigen NaI-Kristallen in speziell abgeschirmten Messkammern mit Blei- und Eisenabschirmung durchgeführt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa zehn bis 30 Minuten. Die Kalibrierung erfolgt mittels eines Personen-Phantoms bekannter Aktivität.

Für die Ganzkörpermessungen wird am PSI ein Reinstgermanium-Detektor in einer speziell abgeschirmten Messkammer (mit Blei- und Eisenabschirmung) eingesetzt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa 7 Minuten für die routinemässigen Überwachungsmessungen am PSI. Die Kalibrierung erfolgt ebenfalls mittels eines personenähnlichen Phantoms bekannter Aktivität.

Ergebnisse und Interpretation der ^{137}Cs -Messungen

Im Rahmen der Inkorporationsüberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen wurden 2012 am PSI in Villigen bei 274 Personen total 505 Ganzkörpermessungen durchgeführt. Bei zwei Messungen wurde eine ^{137}Cs -Ganzkörperaktivität zwischen 150 und 200 Bq nachgewiesen. Bei 4 Messungen wurde eine ^{137}Cs -Ganzkörperaktivität zwischen 60 und 150 Bq gemessen. Die ^{137}Cs -Messwerte für alle anderen Messungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze von 60 Bq.

Die ^{137}Cs -Messwerte an 12 Gymnasiastinnen und 5 Gymnasiasten aus Genf (18-21 Jährige) ergaben durchwegs Werte unter der Nachweisgrenze von ca. 45 Bq.

^{40}K -Gehalt des Körpers

Da ^{40}K ein Gamma-Strahler ist, kann es bei der Ganzkörpermessung ohne zusätzlichen Aufwand mitgemessen werden.

Das in der Natur vorkommende Kalium besteht zu 0.01167 % aus dem radioaktiven Isotop ^{40}K . Kalium befindet sich vor allem im Muskelgewebe und damit ist der Kalium-Gehalt proportional zur Muskelmasse. Da bei Männern der Anteil Muskelgewebe am Gesamtkörpergewicht grösser ist als bei Frauen, haben die Männer einen höheren Kalium-Gehalt als Frauen. Der durchschnittliche ^{40}K -Gehalt beträgt (gemäss älteren Publikationen) bei 20-30-jährigen Männern ca. 4'500 Bq und bei gleichaltrigen Frauen ca. 3'000 Bq und nimmt danach bis zum Alter von 70 Jahre um etwa 10 bis 20 Prozent ab.

Aus den langjährigen Ganzkörpermessungen an Gymnasiasten aus Genf (von 1974 bis 2012 : 693 Messwerte an jungen Frauen und 715 Messwerte an jungen Männern) kann die Häufigkeitsverteilung des Kalium-Gehaltes bestimmt werden. Im Durchschnitt ergibt sich bei den untersuchten Gymnasiasten bei den jungen Frauen ein Mittel von 1.84 g Kalium (20 - 80%-Perzentile: 1.68 - 2.04 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 3'300 Bq) und bei den jungen Männer 2.30 g K (20 - 80%-Perzentile: 2.11 - 2.51 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 4'900 Bq). Man stellt eine Erhöhung der durchschnittlichen ^{40}K -Aktivität im Körper von ca. 10% über den letzten zehn Jahren fest. Diese ist direkt auf die Zunahme des durchschnittlichen Körpergewichts der Gymnasiasten zurückzuführen.

Die tägliche Kaliumzufuhr beträgt etwa 3.3 g d.h. rund 100 Bq ^{40}K . Die durchschnittliche Jahresdosis durch das natürliche ^{40}K beträgt bei den untersuchten Gymnasiasten etwa 0.19 mSv (0.17 bei den Frauen und 0.21 bei den Männern). Gemittelt über alle Altersgruppen liegt der Wert infolge Abnahme des K-Gehaltes mit dem Alter etwas tiefer, gemäss UNSCEAR: 0.17 mSv/Jahr. Da bei diesen Messreihen auch Grösse und Gewicht der untersuchten Personen erfasst wurden, konnte aus den Daten abgeleitet werden, dass der Kalium-Gehalt mit zunehmendem Body-Mass-Index (BMI = Gewicht/Grösse² [kg/m²]) leicht abnimmt. Das hängt damit zusammen, dass der BMI proportional zum Anteil Fettgewebe ist und damit umgekehrt proportional zur Muskelmasse und somit zum Kalium-Gehalt.

6.2

Mesure de ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait

P. Froidevaux, M. Straub, F. Barraud, K. Garcia-Diz, F. Bochud

Institut de radiophysique, Grand Pré 1, 1007 Lausanne

Résumé

Nous avons mesuré le ^{90}Sr dans des échantillons de dents de lait d'enfants nés entre 1998 et 2005 et prélevées entre 2010 et 2012. Les activités sont situées entre 0.010 et 0.047 Bq/g Ca. Des mesures similaires ont été effectuées sur des vertèbres de personnes décédées en 2011 et 2012, au Tessin et dans le canton de Vaud. Les activités sont situées entre 0.008 et 0.023 Bq/g Ca. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles obtenus les années précédentes, ce qui démontre une disparition progressive du ^{90}Sr de la biosphère. Ces résultats montrent également que la chaîne alimentaire n'est contaminée en ^{90}Sr que par les résidus d'activité provenant des essais nucléaires des années soixante. En 2012, nous avons poursuivi les mesures de ^{210}Po initiées en 2010 dans ces mêmes échantillons afin de voir l'impact de l'inhalation de ^{222}Rn et de la contamination de la nourriture par le $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ sur l'humain. Les activités sont situées entre 0.008 et 0.035 Bq/g Ca.

Introduction

Le ^{90}Sr est un radioélément parmi les plus radio-toxiques que produit la fission nucléaire. Il est présent dans l'environnement en Suisse à la suite des retombées des essais nucléaires atmosphériques des années 1955-1963. Le ^{90}Sr a une période physique de 29.1 ans et constitue donc un danger potentiel d'irradiation à long terme, notamment s'il est accumulé dans le corps humain. Le ^{90}Sr est un analogue chimique du calcium et peut ainsi être incorporé dans les os. Un paramètre très important pour évaluer la dose reçue par la population suite à l'ingestion de ^{90}Sr est le temps de rétention du radioisotope dans le corps humain. Ce temps comprend une composante physique (période ou demi-vie de l'élément) et une composante biologique, liée au métabolisme. Pour le ^{90}Sr , retenu presque uniquement dans le squelette, il s'agit principalement de la vitesse de remodelage de l'os. Pour un os spongieux comme la vertèbre, analysée dans ce travail, la vitesse de remodelage est plus rapide que pour des os compacts (os longs comme le fémur ou le tibia). Le temps de rétention du ^{90}Sr dans la vertèbre est de 13.5 ans et suit le temps de rétention du ^{90}Sr dans tous les autres compartiments de l'environnement (Froidevaux et al. 2010). La présence de ^{90}Sr dans le squelette humain est donc liée à la présence de ^{90}Sr dans la biosphère.

Nous avons également mesuré le ^{210}Po dans des vertèbres provenant du Tessin, afin de déterminer l'impact d'une zone à forte concentration de ^{222}Rn sur l'inhalation de $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$. Ces mesures ont été complétées par la mesure de ^{210}Po dans des vertèbres provenant de la région lausannoise, pauvre en ^{222}Rn . L'os est en effet un compartiment cible

pour le ^{210}Pb , précurseur du ^{210}Po (Leggett, 1993). L'incorporation par ingestion de nourriture riche en ^{210}Po (poissons, crustacés, fruits de mer) peut mener à un niveau de ^{210}Po accru dans les os. Le tabagisme accroît aussi de manière importante l'incorporation de ^{210}Po . Des valeurs d'excrétion de 15 - 20 mBq/l d'urine ne sont pas rares chez les fumeurs, alors que le taux normal chez les non fumeurs est inférieur à 5 mBq/l d'urine (Froidevaux and Baechler, 2006).

Dans ce rapport, nous avons analysé des vertèbres prélevées en Suisse (Tessin et Vaud) en 2011 et 2012. Les dents de laits proviennent des régions de Vaud, Tessin et de Zürich.

Résultats et discussion

Les résultats des analyses 2012 sont présentés dans les tableaux 1, 2 et 3. Les activités normalisées au contenu en calcium de l'échantillon sont de l'ordre de 0.030 Bq/g Ca dans les dents de lait et de 0.012 Bq/g Ca dans les os. La moyenne des activités dans les os est significativement plus basse que celle de l'année dernière. Il n'y a donc pas de contamination de l'environnement supplémentaire à celle des essais nucléaires par ce radioélément. La présence de ^{90}Sr dans les dents de lait des enfants est due au passage de ce radioélément du plasma sanguin de la mère (après ingestion de nourriture contaminée) à travers le placenta durant les derniers mois de la grossesse ainsi qu'à la contamination du lait maternel lors des premiers mois d'allaitement. La présence de ^{90}Sr dans les vertèbres humaines est due à un échange permanent du calcium dans la masse osseuse. Le calcium échangé provient de la nourriture et peut contenir du ^{90}Sr , si celui-ci est présent dans l'environnement. La diminution exponentielle de l'activité en ^{90}Sr dans les vertèbres humaines et les dents de lait des enfants depuis le traité d'interdiction des essais d'armes atomiques en atmosphère (1963) indique que l'environnement en Suisse n'a pas été contaminé ultérieurement par ce radioélément.

Les activités en ^{210}Po mesurées dans les vertèbres sont beaucoup plus variables que celles de ^{90}Sr , car les niveaux d'activité dans l'air inhalé et dans la nourriture ingérée sont également plus variables, alors que les habitudes en matière de tabagisme ont également une importance fondamentale (voir figure 1). Les valeurs mesurées en 2012 sont plus basses que celles mesurées en 2011 (moyenne 16.5 mBq/gCa contre 41 mBq/g Ca en 2011). Il faut également noter que le niveau d'activité en $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ est dépendant de l'âge. Le modèle dosi-

métrique indique en effet un triplement de l'activité en ^{210}Po dans l'os cortical entre 20 et 80 ans (Salmon et al. 1999). Des niveaux de l'ordre de 13 mBq/g Ca ont été observés dans la tête de fémur d'enfants (Lovaas and Hursh, 1968) alors que des activités situées entre 20 et 100 mBq/g Ca sont rapportées pour les os trabéculaires chez l'adulte. Les activités mesurées dans les vertèbres dans ce travail sont donc du côté bas de l'intervalle reporté dans la littérature.

Tableau 1:

^{90}Sr (Bq/g Ca) dans les dents de lait d'enfants nés en Suisse entre 1996 et 2005 et mesurées en 2012. Les dents de lait sont groupées pour former un échantillon d'au moins 4 g de cendre après calcination (environ 10 dents). Incertitudes pour $u(95\%)$.

Année	Naissance Lieu	Année d'extraction	^{90}Sr (Bq/g Ca)
1998	Zürich	2010 - 2012	0.029 ± 0.006
1998	Vaud	2010 - 2012	0.047 ± 0.008
2000	Vaud	2010 - 2012	0.010 ± 0.005
1999	Vaud	2010 - 2012	0.037 ± 0.010
2000	Zürich	2011 - 2012	0.028 ± 0.005
2005	Zürich	2011 - 2012	0.016 ± 0.004
1993	Vaud (Broye) ^{a)}	2000 - 2005	0.044 ± 0.007
1998	Vaud	2011 - 2012	0.047 ± 0.008
2001	Vaud	2011 - 2012	0.019 ± 0.004
1999	Vaud	2011 - 2012	0.025 ± 0.005

^{a)} dents de lait (12) d'un seul enfant

Tableau 2:

^{90}Sr (Bq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2011 et 2012 et mesurées en 2012. Incertitudes pour $u(95\%)$.

Lieu de décès	Année de décès	^{90}Sr (Bq/g Ca)
Tessin	2011	0.010 ± 0.002
Tessin	2011	0.008 ± 0.002
Tessin	2011	0.013 ± 0.002
Tessin	2011	0.023 ± 0.002
Tessin	2011	0.008 ± 0.003
Tessin	2011	0.012 ± 0.002
Vaud	2012	0.009 ± 0.001
Vaud	2012	0.013 ± 0.003
Vaud, mélange ^{a)}	2012	0.013 ± 0.003
Vaud, mélange ^{a)}	2012	0.013 ± 0.003
Vaud, mélange ^{a)}	2012	0.006 ± 0.001
Vaud	2012	0.015 ± 0.002
Moyenne		0.012 ± 0.004

^{a)} mélange de cendres de deux cas au moins

Tableau 3:

^{210}Po (mBq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées au Tessin en 2011 ainsi que dans le canton de Vaud en 2012 et mesurées en 2012. Incertitudes pour $u(95\%)$.

Année de décès	Lieu de décès	^{210}Po (mBq/g Ca)
2011	Tessin	19 ± 1.0
2011	Tessin	18 ± 1.0
2011	Tessin	21 ± 1.0
2011	Tessin	16 ± 1.0
2011	Tessin	35 ± 2.0
2011	Tessin	16 ± 1.0
2012	Vaud	6.5 ± 0.5
2012	Vaud	11 ± 0.7
2012	Vaud	8 ± 0.5
2012	Vaud	17 ± 1.0
2012	Vaud	13 ± 0.8
Moyenne		16.5 ± 7.0

Conclusions

Les activités en ^{90}Sr mesurées en 2012 dans les dents de lait et les vertèbres sont très basses et s'approchent des limites de détection de la méthode qui utilise 5 g de cendres pour les deux types d'échantillons. Malheureusement le faible taux de réponse à la collecte annuelle de dents de lait ne permet pas d'augmenter ces quantités. Pour la mesure de ^{90}Sr dans les vertèbres, nous envisageons d'introduire 7.5 g de cendres dans l'analyse pour abaisser la limite de détection. C'est toutefois encourageant de constater que le ^{90}Sr introduit dans l'environnement suite aux essais d'armes nucléaires réalisées dans les années soixante a pratiquement disparu du corps humain.

La mesure de ^{210}Po montre des activités assez variables (6.5-35 mBq/g Ca) mais dans l'intervalle de valeurs que l'on peut trouver dans d'autres études incluant des cas d'âge de décès différents (ici entre 31 et 90 ans). Les activités en ^{210}Po et ^{90}Sr mesurées dans ce travail sont significativement plus faibles que l'année précédente et il est possible que sur l'ensemble des cas présentés ici, les sources de calcium de l'alimentation sont pauvres en ^{90}Sr et ^{210}Po . Les raisons en sont peut être l'origine de l'alimentation moderne, peu représentative des régionalismes.

Remerciements

Nous remercions les médecins-dentistes ayant participé à la collecte des dents de lait et les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno pour la collecte des vertèbres.

Références

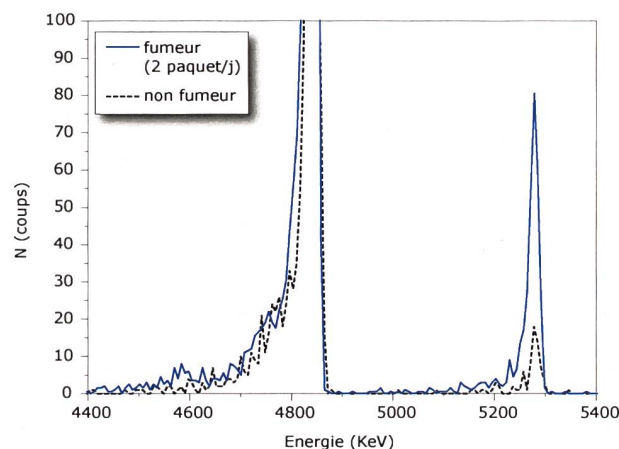
Froidevaux et al. Retention half times in the skeleton of plutonium and ^{90}Sr from above-ground nuclear tests: A retrospective study of the Swiss population. *Chemosphere*, **2010**, 80, 519-524.

Froidevaux and Bächler. Measurement and dosimetry of ^{210}Po . Rapport à l'OFSP. Institute for Radiation Physics. University Hospital Center. Lausanne **2006**.

R.W.Leggett. An Age-Specific Kinetic-Model of Lead Metabolism in Humans, *Environ.Health Persp.* **1993**, 101, 598-616.

P.L.Salmon et al. Dose210, a semi-empirical model for prediction of organ distribution and radiation doses from long-term exposure to Pb-210 and Po-210. *Rad.Prot.Dosim.* **1999**, 82,175-192.

Lovaas, A.; Hursh, JB. Radium-226 and Pb-210 in human teeth and bone. *Health Phys.* **1968**,14, 540-555.


Figure 1:

Spectres alpha de l'excrétion urinaire sur 24 heures de ^{210}Po (droite) normalisés au traceur ^{209}Po (gauche) pour un non fumeur (ligne pointillée) et un fumeur (2 paquets/j, ligne pleine). (Froidevaux and Bächler, 2006).

