

**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:** - (2008)

**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:** 15.02.2026

**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 2008 Résultats 2008

## Kapitel 6 Radioaktivität im Menschen Chapitre 6 Radioactivité dans le corps humain

<b>Kapitel 6.1 Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2008</b>	<b>88</b>
Zusammenfassung	88
Ziel der Messungen	88
Messmethode	88
Ergebnisse und Interpretation der $^{137}\text{Cs}$ -Messungen	89
$^{40}\text{K}$ -Gehalt des Körpers	89
<b>Chapitre 6.2 Mesure de <math>^{90}\text{Sr}</math> dans les vertèbres et les dents de lait</b>	<b>90</b>
Résumé	90
Introduction	90
Conclusions	92

# Kapitel 6.1

## Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2008

### **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. Die Messresultate aus dem Jahr 2008 ergaben durchwegs Werte für  $^{137}\text{Cs}$  unter der Nachweisgrenze von 40 - 70 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 mittels eines personenähnlichen Phantoms bekannter Aktivität.

## Ergebnisse und Interpretation der $^{137}\text{Cs}$ -Messungen

Im Rahmen der Inkorporationsüberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen wurden 2008 am PSI in Villigen bei 262 Personen total 438 Ganzkörpermessungen durchgeführt. Davon wurden 227 Messungen auf einem offiziellen Triagemessplatz durchgeführt. In keinem Fall konnte eine  $^{137}\text{Cs}$ -Inkorporation nachgewiesen werden.

Die  $^{137}\text{Cs}$ -Messwerte an 19 Gymnasiastinnen und 25 Gymnasiasten aus Genf (14 – 18-jährige) ergaben durchwegs Werte unter der Nachweisgrenze von 40 bis 70 Bq. Die Ganzkörpermessungen am Kantonsspital Basel wurden 2005 eingestellt.

## $^{40}\text{K}$ -Kalium-Gehalt des Körpers

Da  $^{40}\text{K}$  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  $^{40}\text{K}$ . 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  $^{40}\text{K}$ -Gehalt beträgt 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 und Basel kann die Häufigkeitsverteilung des Kalium-Gehaltes bestimmt werden. Im Durchschnitt ergibt sich bei den untersuchten Gymnasiasten bei den jungen Frauen ein Mittel von 1.9 g Kalium (20 - 80%-Perzentile: 1.7 - 2.05 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 3'300 Bq) und bei den jungen Männer 2.3 g K (20 - 80%-Perzentile: 2.15 - 2.5 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 4'900 Bq).

Die tägliche Kaliumzufuhr beträgt etwa 3.3 g d.h. rund 100 Bq  $^{40}\text{K}$ . Die durchschnittliche Jahresdosis durch das natürliche  $^{40}\text{K}$  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 ( $\text{BMI} = \text{Gewicht}/\text{Grösse}^2 [\text{kg}/\text{m}^2]$ ) 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.



## Chapitre 6.2

# Mesure de $^{90}\text{Sr}$ dans les vertèbres et les dents de lait

**P. Froidevaux, J. Corcho, F. Barraud, A. Savary, S. Angelini, F. Bochud**

Institut universitaire de radiophysique appliquée, Grand Pré 1, 1007 Lausanne

### Résumé

Nous avons mesuré le  $^{90}\text{Sr}$  dans des échantillons de dents de lait d'enfants nés entre 1989 et 1995 et prélevées entre 2006 et 2008. Les activités se situent entre 0.026 et 0.049 Bq/g Ca. Des mesures similaires ont été effectuées sur des vertèbres de personnes décédées en 2008. Les activités sont comprises entre 0.014 et 0.049 Bq/g Ca. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus les années précédentes et montrent que la chaîne alimentaire n'est contaminée en  $^{90}\text{Sr}$  que par les résidus d'activité provenant des essais nucléaires des années soixante. On observe aussi que le rapport  $^{90}\text{Sr}$  / g Ca dans le corps humain est proche de celui trouvé dans le lait mais diffère sensiblement de celui trouvé dans le blé, les pommes et pommes de terre ainsi que les salades. Le lait est donc encore en Suisse l'apport principal en calcium. Les nouvelles tendances nutritionnelles, qui délaissent les produits laitiers, pourraient toutefois expliquer la variabilité des rapports  $^{90}\text{Sr}$  / g Ca entre individus

### Introduction

La plupart du  $^{90}\text{Sr}$  présent dans l'environnement peut être attribuée aux retombées des essais des bombes atomiques en atmosphère des années soixante. Cet héritage ne concerne pas seulement le  $^{90}\text{Sr}$  mais également d'autres radioéléments comme le  $^{14}\text{C}$ , le  $^{137}\text{Cs}$  ou le plutonium. D'autres sources potentielles de contamination incluent l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl et, dans certains endroits du monde, des contaminations localisées dues à l'utilisation civile ou militaire de la fission nucléaire. Le programme de surveillance national du  $^{90}\text{Sr}$ , un produit de fission hautement radiotoxique, inclut l'analyse des dents de lait des enfants ainsi que des vertèbres humaines de personnes décédées dans l'année.

En 2008, l'IRA et l'OFSP ont publié une étude similaire concernant le transfert du plutonium du plasma sanguin de la mère à l'enfant en mesurant par spectrométrie de masse le plutonium contenu dans les dents de lait des enfants nés en Suisse entre 1952 et 1995 (Froidevaux and Haldimann, 2008). Les résultats montrent que le plutonium a un comportement très différent de celui du  $^{90}\text{Sr}$ ; en effet l'étude a démontré que le plutonium ne passait pas la barrière placentaire et que les très faibles taux de plutonium mesurés dans les dents de lait provenaient uniquement de la contamination post-natale de l'enfant, lorsqu'il commence à respirer de manière indépendante l'air contenant du plutonium (issu des essais d'armes atomiques des années soixante).

En Suisse, les produits laitiers constituent un apport important de calcium pour le corps humain au travers de l'alimentation. On présume donc que le rapport  $^{90}\text{Sr}$  / g Ca des dents de lait et des vertèbres humaines doit être proche de celui mesuré dans le lait. Dans ce travail les rapports  $^{90}\text{Sr}$  / g Ca obtenus dans les dents de lait et dans les vertèbres sont comparés aux rapports mesurés dans différents aliments afin de déterminer l'importance de certains aliments dans le transfert de  $^{90}\text{Sr}$  du sol à l'homme.

## Résultats et discussion

Les analyses des dents de lait prélevées entre 2006 et 2008 (Tableau 1) confirment les faibles niveaux d'activité mesurés dans ces échantillons ces 10 dernières années ( $< 0.050$  Bq/g Ca). L'activité moyenne des dents de lait est similaire à celle déterminée dans les vertèbres d'adultes décédés en 2008 (Tableau 2). Ces deux types de mesures garantissent que l'environnement en Suisse n'a pas subi d'augmentation d'activité en  $^{90}\text{Sr}$  mesurable ces dernières années. Les caractéristiques principales des mesures indiquent que:

- L'activité en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait et des vertèbres diminue d'année en année en Suisse depuis la promulgation du traité d'interdiction des essais nucléaires en atmosphère.
- Les activités en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait et des vertèbres tendent à une valeur d'équilibre proche de 0.030 Bq/g Ca.

Le Tableau 3 présente les résultats obtenus en 2008 sur différents aliments, notamment le lait. Les activités sont représentatives d'échantillons de plaine car c'est sur le plateau suisse que se concentre l'essentiel de la population du pays. Toutefois, il faut retenir que les produits laitiers en provenance de pâturages de montagne contiennent significativement (jusqu'à 10 fois) plus de  $^{90}\text{Sr}$  (Pourcelot et al. 2007). En moyenne, sur le plateau suisse, les activités en  $^{90}\text{Sr}$  sont de 0.035 Bq/g Ca pour le lait, mais de l'ordre de 0.20 Bq/g Ca pour le blé non raffiné et les pommes, de 0.45 Bq/g Ca pour les salades et entre 0.08 et 0.8 Bq/g Ca pour les pommes de terre (non pelées, masse sèche). On constate donc que le rapport trouvé dans les tissus calcifiés du corps humain est proche de celui trouvé dans le lait mais diffère significativement du rapport trouvé dans d'autres aliments. Le lait constitue donc encore l'apport principal en calcium en Suisse. Toutefois, l'utilisation accrue de céréales non raffinées dans l'élaboration du pain et de produits fabriqués pour le petit déjeuner ainsi qu'une alimentation moins riche en produits laitiers est une réalité assez récente en Suisse mais qui pourrait expliquer une certaine part de la variabilité entre les cas individuels. Ainsi une personne consommant très peu de produits laitiers, avec un apport calcique par les céréales et les végétaux accru en conséquence, pourrait avoir un rapport  $^{90}\text{Sr}$  Bq/g Ca des tissus calcifiés plus élevé que les moyennes présentées dans ce travail. Toutefois il est à noter que, selon l'analyse de notre base de données pour le calcium dans les aliments, il faut consommer 0.9 l de lait pour ingérer 1 g de calcium alors que le même apport requiert environ 1.2 kg de céréales brutes ou 8 kg de pommes fraîches ou 5 kg de pommes-de-terre (avec la pelure) ou encore 750 g de salade. On peut donc exclure les fruits et les pommes de terre comme apport significatif de calcium (donc de  $^{90}\text{Sr}$ ). Cependant un régime végétarien à base de légumes verts et de céréales peut modifier significativement à la hausse le rapport  $^{90}\text{Sr}$ /g Ca dans le corps humain.

**Tableau 1:**  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les dents de lait d'enfants nés en Suisse entre 1991 et 1999. Les dents de lait sont groupées pour former un échantillon d'au moins 4 g de cendre après calcination (environ 10 dents). Incertitudes pour  $u(95\%)$ .

Lieu de naissance	Année de naissance	Année d'extraction	$^{90}\text{Sr}$ (Bq/g Ca)
Vaud	1994	2006-2008	$0.026 \pm 0.004$
Vaud	1995	2006-2008	$0.027 \pm 0.005$
Zürich 89/90	1989	2006-2008	$0.049 \pm 0.007$
Zürich	1991	2006-2008	$0.037 \pm 0.004$
Zürich	1996	2006-2008	$0.039 \pm 0.005$
Tessin	1994	2006-2008	$0.040 \pm 0.007$

**Tableau 2:**  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2007-2008. Incertitudes pour  $u(95\%)$ .

Année de décès	Lieu de décès	$^{90}\text{Sr}$ (Bq/g Ca)
2008	Vaud	$0.050 \pm 0.009$
2008	Vaud	$0.039 \pm 0.011$
2007	Vaud	$0.024 \pm 0.006$ $0.034 \pm 0.008$
2008	Vaud	$0.022 \pm 0.006$
2007	Vaud	$0.027 \pm 0.003$ $0.024 \pm 0.009$
2008	Vaud	$0.032 \pm 0.018$
2008	Vaud	$0.025 \pm 0.004$ $0.022 \pm 0.004$
2007	Vaud	$0.017 \pm 0.008$
2007	Tessin	$0.014 \pm 0.007$
2007	Tessin	$0.017 \pm 0.009$
2008	Tessin	$0.025 \pm 0.005$
2008	Tessin	$0.034 \pm 0.004$
2008	Tessin	$0.016 \pm 0.004$
2008	Tessin	$0.023 \pm 0.004$
2008	Tessin	$0.033 \pm 0.007$
2008	Tessin	$0.027 \pm 0.003$ $0.052 \pm 0.008$
<b>Moyenne 2008 (n=20)</b>		<b><math>0.028 \pm 0.010</math></b>



**Tableau 3:**  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans différents aliments prélevés en 2008 entrant dans l'apport de calcium et pouvant influencer le rapport  $^{90}\text{Sr}$  Bq/g Ca dans le corps humain.

Lieu de prélèvement	$^{90}\text{Sr}$ (Bq/g Ca)
<b>Lait</b>	
Beznau	$0.035 \pm 0.010$
Leibstadt	$0.055 \pm 0.015$
Gösigen	$0.029 \pm 0.010$
Arenenberg	$0.027 \pm 0.009$
Dogern (D)	$< 0.020$
Grangeneuve	$< 0.020$
<b>Moyenne: <math>0.031 \pm 0.010</math></b>	
<b>Blé</b>	
Fribourg	$0.23 \pm 0.02$
Däniken	$0.16 \pm 0.02$
Soleure	$0.17 \pm 0.02$
Thurgovie	$0.68 \pm 0.05$
Dogern (A)	$0.27 \pm 0.10$
Leibstadt	$0.15 \pm 0.02$
St-Margrethen	$0.12 \pm 0.01$
Beznau	$0.18 \pm 0.01$
Argovie	$0.17 \pm 0.02$
<b>Moyenne: <math>0.18 \pm 0.04</math></b> (sans la valeur de Thurgovie)	
<b>Légumes et fruits</b>	
Pommes, Dogern (D)	$0.21 \pm 0.03$
Pommes, Leibstadt	$0.24 \pm 0.004$
Pommes de terre, Dogern (D)	$0.077 \pm 0.010$
Pommes de terre, Leibstadt	$0.706 \pm 0.035$
Salade, Dogern (D)	$0.43 \pm 0.020$
Salade, Leibstadt	$0.48 \pm 0.015$
<b>Moyenne: <math>0.41 \pm 0.18</math></b> (sans la valeur pommes de terre de Dogern)	

## Conclusions

Les mesures de  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait et les vertèbres humaines confirment la tendance à une diminution d'activité jusqu'à un niveau pratiquement indétectable et la présence d'un équilibre entre l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  présente dans le lait et celle mesurée dans les tissus calcifiés humains. Le lait est considéré comme l'aliment apportant la majeure partie du  $^{90}\text{Sr}$  trouvé dans le corps humain mais les changements de régimes alimentaires constatés depuis quelque temps, telles que l'utilisation de farines non raffinées, d'une alimentation végétarienne et une diminution importante des produits laitiers considérés comme allergènes, pourraient modifier le rapport  $^{90}\text{Sr}$  Bq/g Ca à la hausse dans certains cas individuels.

## 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. La commission d'éthique du Centre Hospitalier Universitaire Vaudois a accepté la poursuite du projet à la condition que seuls les lieux et années de décès soient mentionnés pour les mesures de vertèbres et le lieu de naissance et les années de naissance et d'extraction pour les mesures de dents de lait.

## Références

- Froidevaux, P. ; Haldimann, M. Environmental Health Perspectives 2008, 116:1731.
- Pourcelot, L. ; Steinmann, P. ; Froidevaux, P. Chemosphere 2007;66:1571.