

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | 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 |
| <b>Herausgeber:</b> | Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz  |
| <b>Band:</b>        | - (2009)  |
| <b>Rubrik:</b>      | 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:** 13.02.2026

**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 2009 Résultats 2009



6

## Radioaktivität im Menschen

## Radioactivité dans le corps humain

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6.1 Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2009</b>                                   | <b>86</b> |
| Zusammenfassung  | 86        |
| Ziel der Messungen   | 86        |
| Messmethode  | 86        |
| Ergebnisse und Interpretation der $^{137}\text{Cs}$ -Messungen                           | 87        |
| $^{40}\text{Kalium}$ -Gehalt des Körpers   | 87        |
| <b>6.2 Mesure de <math>^{90}\text{Sr}</math> dans les vertèbres et les dents de lait</b> | <b>88</b> |
| Résumé   | 88        |
| Introduction   | 88        |
| Résultats et discussion  | 89        |



## 6.1

# Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2009

### **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 2009 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 Personenphantoms 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 2009 am PSI in Villigen bei 264 Personen total 388 Ganzkörpermessungen durchgeführt. Davon wurden 64 Messungen auf einem offiziellen Triagemessplatz durchgeführt. In keinem Fall konnte eine  $^{137}\text{Cs}$ -Inkorporation nachgewiesen werden.

Die  $^{137}\text{Cs}$ -Messwerte an 17 Gymnasiastinnen und 22 Gymnasiasten aus Genf (17 – 19-jährige) ergaben durchwegs Werte unter der Nachweisgrenze von 40 bis 70 Bq. Die Ganzkörpermessungen am Kantonsspital Basel wurden 2005 eingestellt.

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

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 sowohl 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 0.22 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/Grösse<sup>2</sup> [kg/m<sup>2</sup>]) 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 $^{90}\text{Sr}$ dans les vertèbres et les dents de lait

**P. Froidevaux, J. Corcho, F. Barraud, A. Savary, 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 1986 et 2002 et prélevées entre 2008 et 2009. Les activités sont situées entre 0.016 et 0.084 Bq/g Ca. Des mesures similaires ont été effectuées sur des vertèbres de personnes décédées en 2008. Les activités sont situées entre 0.012 et 0.079 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  $^{90}\text{Sr}/\text{g Ca}$  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  $^{90}\text{Sr}/\text{g Ca}$  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. En Suisse l'attention fut portée très tôt sur le  $^{90}\text{Sr}$  à cause de son potentiel radiotoxique. Dès les premiers tirs de bombes atomiques, un programme de surveillance a été mis en place par l'OFSP. Ce programme se poursuit encore actuellement, notamment parce que la Suisse possède cinq réacteurs nucléaires produisant 3'350 MW d'énergie électrique.

Le choix des dents de lait comme échantillons lors d'une surveillance de la radioactivité de l'environnement se justifie par l'accumulation de strontium dans la couronne des dents de lait par le fœtus environ 6 mois avant la naissance et jusqu'à environ 6 mois après la naissance, par substitution du calcium dans l'hydroxyapatite de l'émail. Le  $^{90}\text{Sr}$  présent dans ces échantillons est ainsi très représentatif de celui présent dans la diète de la mère. Toutefois, la détermination du radiostrontium dans les dents de lait produit un résultat qui représente une situation antérieure de plusieurs années à la mesure. C'est

donc une mesure utile lors de l'établissement de tendances (p.ex décroissance exponentielle depuis 1965) et à la reconstruction de dose mais qui n'est pas suffisante lors d'une surveillance de la chaîne alimentaire. Le programme de surveillance national du  $^{90}\text{Sr}$ , un produit de fission hautement radiotoxique, inclut donc également la mesure de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres humaines de personnes décédées dans l'année.

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

**Tableau 1:**

$^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les dents de lait d'enfants nés en Suisse entre 1986 et 2002. 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) |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| Suisse            | 1986-88            | 2008-2009          | $0.040 \pm 0.008$          |
| Zürich            | 1994               | 2009               | $0.027 \pm 0.003$          |
| Tessin            | 1997               | 2008-2009          | $0.044 \pm 0.006$          |
| Vaud              | 1997               | 2009               | $0.026 \pm 0.003$          |
| Vaud              | 1998               | 2008-2009          | $0.015 \pm 0.004$          |
| Vaud              | 1994               | 2009               | $0.064 \pm 0.008$          |
| Tessin            | 1996               | 2008-2009          | $0.084 \pm 0.011$          |
| Zürich            | 1999               | 2009               | $0.038 \pm 0.006$          |
| Zürich            | 2002               | 2009               | $0.028 \pm 0.008$          |
| Berne             | 2002               | 2009               | $0.064 \pm 0.009$          |
| Vaud              | 1998               | 2009               | $0.078 \pm 0.009$          |
| Vaud              | 1999               | 2009               | $0.016 \pm 0.003$          |

## Résultats et discussion

Les analyses des dents de lait prélevées entre 2008 et 2009 (Tableau 1) confirment les faibles niveaux d'activité mesurés dans ces échantillons ces 10 dernières années (moyenne = 0.035 Bq/g Ca). L'activité moyenne des dents de lait est similaire à celle déterminée dans les vertèbres d'adultes décédés en 2009 (moyenne= 0.030; 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 diminuent d'année en année en Suisse depuis la promulgation du traité d'interdiction des essais nucléaires en atmosphère. Toutefois, depuis une dizaine d'années, on observe une tendance à la stagnation des activités en  $^{90}\text{Sr}$ , exprimées en Bq/g Ca.
- 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 2009 sur différents aliments prélevés sur le marché de Lausanne et sur des laits prélevés sur l'ensemble de la Suisse. 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  $^{90}\text{Sr}$  [1].

**Tableau 2:**

$^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2009. Incertitudes pour  $u(95\%)$ .

| Année de décès             | Lieu de décès | $^{90}\text{Sr}$ (Bq/g Ca)          |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Début 2010                 | Vaud          | $0.020 \pm 0.009$                   |
| Début 2010                 | Vaud          | $0.021 \pm 0.003$                   |
| Début 2010                 | Vaud          | $0.019 \pm 0.009$                   |
| Début 2010                 | Vaud          | $0.021 \pm 0.002$                   |
| Début 2010                 | Vaud          | $0.023 \pm 0.006$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.016 \pm 0.004$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.019 \pm 0.007$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.036 \pm 0.006$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.031 \pm 0.007$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.026 \pm 0.005$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.033 \pm 0.005$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.067 \pm 0.005$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.012 \pm 0.004$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.079 \pm 0.014$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.024 \pm 0.006$                   |
| 2009                       | Tessin        | $0.041 \pm 0.011$                   |
| <b>Moyenne 2009 (n=16)</b> |               | <b><math>0.030 \pm 0.018</math></b> |

[1] Pourcelot, L.; Steinmann, P.; Froidevaux, P. Chemosphere 2007; 66:1571.

**Tableau 3:**

$^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans différents aliments prélevés en 2009 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                               | 0.024 ± 0.014              |
| Leibstadt                            | 0.047 ± 0.014              |
| Gösgen                               | 0.023 ± 0.011              |
| Arenenberg                           | 0.084 ± 0.042              |
| Dogern (A)                           | 0.033 ± 0.008              |
| Grangeneuve                          | 0.050 ± 0.008              |
| Peney-Jorat                          | 0.037 ± 0.007              |
| <b>Moyenne: 0.042 ± 0.021</b>        |                            |
| <b>Blé</b>                           |                            |
| Fribourg                             | 0.75 ± 0.04                |
| Däniken                              | 0.51 ± 0.03                |
| Soleure                              | 0.65 ± 0.04                |
| Thurgovie                            | 0.56 ± 0.08                |
| Dogen (A)                            | 0.34 ± 0.06                |
| Leibstadt                            | 1.00 ± 0.08                |
| St-Margrethen                        | 0.45 ± 0.05                |
| Beznau                               | 0.80 ± 0.07                |
| Argovie                              | 0.56 ± 0.04                |
| <b>Moyenne: 0.60 ± 0.15</b>          |                            |
| <b>Légumes et fruits</b>             |                            |
| Pommes Boscop                        | 0.46 ± 0.04                |
| Pommes Gala                          | 0.17 ± 0.03                |
| Pommes de terre, Binjes avec pelures | 0.92 ± 0.16                |
| Pommes de terre, Binjes pelées       | 0.90 ± 0.17                |
| Salade, feuille de chêne             | 0.06 ± 0.01                |
| Carotte bio, pelées                  | 0.08 ± 0.008               |
| Salade, Batavia                      | 0.06 ± 0.01                |
| Epinards                             | 0.10 ± 0.01                |
| <b>Moyenne: 0.34 ± 0.35</b>          |                            |

En moyenne, sur le plateau suisse, les activités en  $^{90}\text{Sr}$  sont de 0.042 Bq/g Ca pour le lait, mais de l'ordre de 0.60 Bq/g Ca pour le blé non raffiné et de 0.90 Bq/g Ca pour les pommes-de-terre, qui constituent également une part importante du régime alimentaire en Suisse. 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 probablement 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 ri-

che 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  $^{90}\text{Sr}/\text{g Ca}$  dans le corps humain.

## 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.