

**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:** - (1997)

**Rubrik:** Menschlicher Körper

#### **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>**

## 6. Menschlicher Körper

### Zusammenfassung

(hv) Dieses Kapitel enthält die Messungen von Radionukliden im menschlichen Körper. Es sind dies die Gamma-Strahler  $^{137}\text{Cs}$  vom Kernwaffenauftakt und vom Reaktorunfall in Tschernobyl und das natürliche  $^{40}\text{K}$  (Kap. 5.1.) sowie die Bestimmungen von  $^{90}\text{Sr}$  in menschlichen Wirbelknochen und Milchzähnen. (Kap. 5.2.) Diese Messungen am Menschen bilden die Endkontrolle der Radioaktivitätsüberwachung und erlauben eine Überprüfungen der aus den Messungen an Lebensmitteln errechnete Belastung des Menschen.

Caesium wie auch Kalium wird vor allem im Muskelgewebe eingelagert. Caesium wird beim Erwachsenen mit einer biologischen Halbwertszeit von 2 bis 3 Monaten wieder ausgeschieden.  $^{137}\text{Cs}$  erreichte im menschlichen Körper bei Personen aus Genf zur Zeit der Kernwaffenversuche Werte bis 1100 (Männer) bzw. 800 (Frauen) Bq. Nach dem Reaktorunfall Tschernobyl ergaben die Messungen für Personen aus dem Mittelland bis 2800 Bq, während im Tessin Werte bis 15000 Bq für  $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$  auftraten. Heute ist dieses Nuklid nicht mehr nachweisbar, d.h. die Messwerte liegen unter 27 Bq. Andere Gamma-Strahler sind keine feststellbar.

Strontium wird wie Kalzium in Knochen und Zähnen eingelagert. Es wird daher als Bq  $^{90}\text{Sr}$  pro Gramm Ca angegeben. In den Milchzähnen erfolgt der Einbau einige Monate vor bis einige Monate nach Geburt und dieser Zustand bleibt nachher erhalten bis die Milchzähne beim Wachstum der zweiten Zähne abgestossen werden. Die Messungen der Milchzähne halten somit den  $^{90}\text{Sr}$ -Zustand der Nahrung im Geburtsjahr des Kindes fest. In den Knochen wird Strontium nur relativ langsam wieder abgebaut, mit biologischen Halbwertszeiten im Bereich von Jahren. Während in den Milchzähnen der Anstieg in den 60er-Jahren als Folge der Kernwaffenversuche (Maximum 1963/64: 0.5 Bq/g Ca) deutlich feststellbar ist, liegen die Werte heute für in den 80er-Jahren geborene Kinder bei rund 0.05 Bq/g Ca und ein Anstieg durch den Reaktorunfall Tschernobyl ist nicht eindeutig zu erkennen.

Die Beiträge zur durchschnittlichen Strahlendosis der Bevölkerung durch künstliche Radionuklide im menschlichen Körper betragen zusammen etwa 0.005 milli-Sievert pro Jahr, während das natürliche  $^{40}\text{K}$  etwa 0.2 milli-Sievert ausmacht.

## 6.1. Ergebnisse der Ganzkörpermessungen

**M. Boschung <sup>1)</sup>, A. Donath <sup>2)</sup>, J.-C. Corminboeuf <sup>2)</sup>, H. W. Roser <sup>3)</sup> und H. Völkle <sup>4)</sup>**

- 1) Abteilung Strahlenhygiene, PSI, 5232 VILLIGEN-PSI
- 2) Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspital, Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 GENF 4
- 3) Abteilung Radiologische Physik, Kantonsspital Basel, 4031 BASEL
- 4) Sektion Überwachung der Radioaktivität, BAG, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

### 6.1.1. 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 und Basel durchgeführt. Im menschlichen Körper ist immer noch Caesium-137 nachweisbar, das vom Reaktorunfall in Tschernobyl stammt. Die Messwerte an Schülern aus Genf liegen alle unter der Nachweisgrenze von 10 Bq, jene der Schüler aus Basel unter 27 Bq.*

### 6.1.2. Ziel der Messungen

Im PSI werden zur Zeit Ganzkörpermessungen nur zur Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen des PSI 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 am Kantonsspital Genf und Kantonsspital Basel-Stadt handelt es sich um je rund zwanzig 16-22-jährige Frauen und Männer aus Mittelschulen.

### 6.1.3. Ergebnisse und Interpretation

Für die Ganzkörpermessungen werden meist grossvolumige NaJ-Kristalle, neuerdings auch Ge-Detektoren in speziell abgeschirmten Messkammern (mit Blei- und Eisenabschirmung) eingesetzt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa zehn bis 30 Minuten für die routinemässigen Überwachungsmessungen am PSI und für Spezialuntersuchungen in Genf und Basel. Die Kalibrierung erfolgt mittels eines Phantoms, dessen Aktivität bekannt ist.

Im Rahmen der Inkorporationsüberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen wurden am PSI in Villigen 1997 717 Messungen im Ganzkörperzähler durchgeführt. Sie ergaben Cs-137-Werte bis 700 Bq. 709 (d.h. 99%) der Messwerte liegen unterhalb der Nachweisgrenze von 100 Bq.

Die Messwerte an Gymnasiasten aus Genf (22 Frauen und 21 Männer von 19-21 Jahren) lagen alle unter der Nachweisgrenze von 10 Bq Caesium-137; jene aus Basel unter 27 Bq (siehe Tab. 1).

Da Caesium, wie Kalium, vor allem in das Muskelgewebe geht und bei Männern der Anteil Muskelgewebe am Gesamtkörpergewicht grösser ist als bei Frauen, haben die Männer auch einen höheren Kalium- und Caesium-Gehalt als diese. Ein dauernder Gehalt von 100 Bq

Caesium-137 im Körper einer 70 kg schweren Person führt zu einer Jahresdosis von ca. 0.003 milli-Sievert. Die Caesium-137-Werte der Genfer bzw. Basler Gymnasiasten entsprechen somit etwa 0.0005 milli-Sievert pro Jahr. Demgegenüber beträgt die mittlere Jahresdosis durch das natürliche Kalium-40, das wie Caesium im Muskelgewebe eingebaut wird, ca. 0.2 milli-Sievert.

**Tab. 1: Übersichtstabelle Ganzkörpermessungen Genf und Basel, 1997:  
mittlere Aktivität**

Ort	Anzahl Personen	Geburts-jahr	Gewicht in kg Mittel (Bereich)	<sup>137</sup> Cs (Bq)	<sup>40</sup> K (Bq)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
Genf 1997	Frauen (n = 22)	1978-1980	57 (48-74)	< 10	3200	56
	Männern (n = 21)	1978-1980	72 (63-92)	< 10	4900	68
Basel 1997	Frauen (n = 26)	1973-1981	59 (49-70)	0 - 26 (Mittel = 7)	3500	62
	Männern (n = 17)	1978-1981	67 (54-76)	0 – 25 (Mittel = 10)	5000	58

## 6.2. Mesures de strontium-90 dans les vertèbres et les dents

J.-J. Geering, P. Froidevaux, J.-F. Valley

Institut de radiophysique appliquée  
Centre Universitaire, 1015 LAUSANNE

### Résumé

*Les déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres humaines et les dents de lait, reprises en 1988 à la suite de l'accident de Tchernobyl, ont été poursuivies en 1997. Dans les deux types d'échantillons, les résultats confirment les valeurs obtenues les années précédentes, à savoir la diminution exponentielle de l'activité observée depuis 1965, hormis une faible augmentation mesurée chez les adultes décédés en 1986 et dans les dents d'enfants nés à l'époque de Tchernobyl. Le rapport des activités, exprimées en Bq/g calcium, des vertèbres à celles des denrées alimentaires, se stabilise actuellement vers 0,20.*

### 6.2.1. Introduction

Le risque lié à l'ingestion du  $^{90}\text{Sr}$  est dû à sa longue période (28,5 ans), à l'énergie bêta maximale élevée de son produit de filiation, l'yttrium-90 (2,3 MeV), et au fait que le strontium, dont le métabolisme est apparenté à celui du calcium, se fixe préférentiellement dans le squelette et les autres tissus calcifiés [1,2]. Il existe cependant des différences entre les comportements métaboliques du calcium et du strontium qui se traduisent par une diminution du rapport Sr-90/Ca [3] au cours du métabolisme du calcium. De plus, la régulation homéostatique du calcium entraîne une concentration remarquablement constante de cet élément dans le squelette, le plasma et le lait de sorte que le métabolisme du  $^{90}\text{Sr}$  est déterminé par la teneur en calcium plutôt que par les concentrations, faibles et variables, en strontium naturel. C'est aussi la raison pour laquelle les activités en  $^{90}\text{Sr}$  dans le squelette humain sont rapportées à leur teneur en calcium.

Les analyses ont porté sur des corps vertébraux, constitués d'os spongieux, car le métabolisme des alcalino-terreux est plus rapide dans ce tissu caractérisé par une très grande surface d'échange avec le sang que dans les os longs, constitués de tissu compact [4]. La mesure du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres humaines doit en effet permettre de déceler à son tout premier stade une éventuelle augmentation de la concentration de ce radionucléide dans le corps humain, puis d'en suivre l'évolution.

Depuis 1987, les analyses de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres n'ont plus montré de différences significatives entre régions, contrairement aux résultats obtenus dans les années soixante, ce qui nous a incité à restreindre ces déterminations, depuis 1997, aux vertèbres prélevées dans les cantons de Vaud et du Tessin uniquement par les instituts d'anatomie pathologique de Lausanne et Locarno.

Les dents de lait constituent un indicateur de l'activité de ce nuclide dans l'alimentation à l'époque de la naissance de l'enfant, car les couronnes de dents de lait se forment dans les 6 mois qui précèdent et les 6 mois qui suivent la naissance de l'enfant. Ces détermination

ont été reprises à la suite de l'accident de Tchernobyl. En 1997, elles ont porté sur des dents collectées dans les cabinets dentaires scolaires ainsi qu'auprès de dentistes privés dans les cantons de Zürich, Vaud et Tessin.

### 6.2.2. Résultats de la surveillance

Les marges d'erreur sur les résultats individuels indiquent l'écart-type (comptage et séparation chimique), les marges d'erreur sur les moyennes de plusieurs résultats indiquent l'écart-type sur la moyenne.

#### Vertèbres

Le tableau 1 présente les résultats d'analyses de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres d'adultes décédés en 1997, comparés à ceux de 1996.

**Tableau 1: Concentration en  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les vertèbres humaines**

Région	Année de décès							
	1996			1997				
Tessin	0,017	$\pm$	0,001	[7]	0,026	$\pm$	0,005	[8]
Lausanne	0,021	$\pm$	0,003	[9]	0,020	$\pm$	0,003	[8]
Valais	0,023	$\pm$	0,004	[7]		-		
Zürich	0,027	$\pm$	0,003	[8]		-		
<b>Moyenne générale</b>	0,022	$\pm$	0,009	[31]	0,023	$\pm$	0,002	[16]

[ ] = nombre de déterminations

La figure 1 présente l'évolution de l'activité du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres de 1980 à 1997, comparée à celle des dents de lait. Elle provient essentiellement des retombées des années soixante. Après avoir culminé vers 1965, elle a diminué régulièrement jusqu'en 1990 et tend à se stabiliser actuellement vers 0,02 Bq/g Ca. Comme le montre la figure 1, les activités mesurées en 1986 et 1987 sont légèrement plus élevées que les valeurs mesurées de 1983 à 1984. Cette augmentation, de l'ordre de 0,01 Bq/g Ca, pourrait être attribuée à l'accident de Tchernobyl.

La teneur moyenne actuelle de  $^{90}\text{Sr}$  dans les os correspond à une dose effective d'environ 0,002 mSv/année.

### Dents de lait

Le tableau 2 présente les moyennes des activités en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait collectées en 1997, comparées à celles de 1996; comme les années précédentes, on ne constate aucune différence significative entre régions ou années d'extraction.

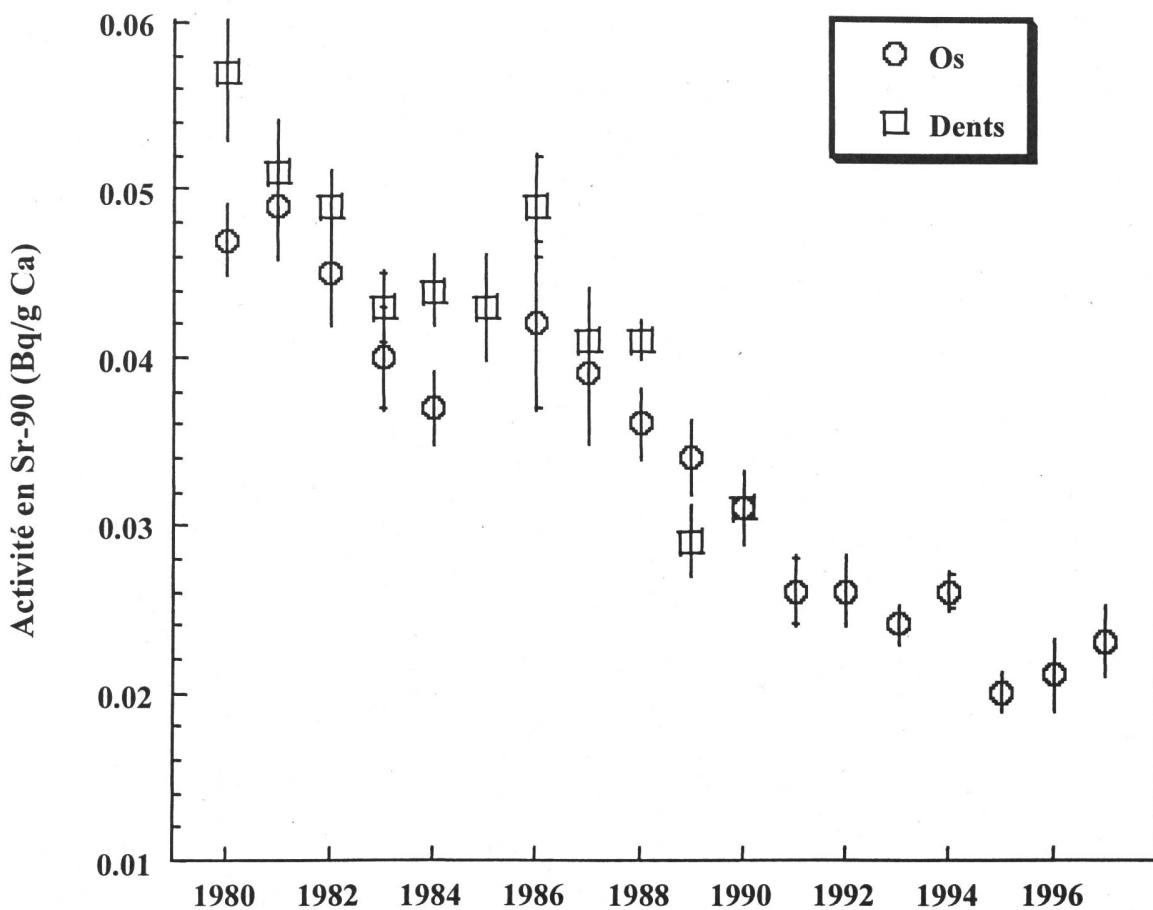
La figure 1 montre l'évolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait en fonction de l'année de naissance, toutes régions confondues. Comme pour les os, l'activité des dents a atteint sa valeur maximale en 1964, puis a décrue jusqu'à ce jour. Les valeurs légèrement supérieures mesurées de 1986 à 1988 résultent vraisemblablement de l'accident de Tchernobyl. La figure 1 montre également que depuis 1991 les activités en  $^{90}\text{Sr}$  dans les os ne diminuent que très peu dans le temps et tendent vers un état d'équilibre, l'apport en  $^{90}\text{Sr}$  étant compensé par son élimination. Enfin, on constate que depuis 1987, les activités, rapportées au calcium, sont pratiquement égales dans les vertèbres et les dents de lait.

**Tableau 2: Concentration en  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les dents de lait**

Ville	Années de naissance	1996	Années de naissance	1997
Vaud	1979-1985	0,051 $\pm$ 0,012	1982-1985	0,044 $\pm$ 0,004
	1986-1989	0,042 $\pm$ 0,002	1986-1991	0,032 $\pm$ 0,003
Tessin	1980-1985	0,046 $\pm$ 0,005	1981-1985	0,067 $\pm$ 0,006
	1986	0,049 $\pm$ 0,005	1986-1990	0,047 $\pm$ 0,006
Zürich	1980-1985	0,048 $\pm$ 0,004	1981-1985	0,053 $\pm$ 0,004
	1986-1990	0,044 $\pm$ 0,003	1986-1991	0,038 $\pm$ 0,004

Le rapport entre les activités, exprimées en Bq/g calcium, du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres à celles du lait, calculé pour la période de 1991 à 1996, est de  $0,35 \pm 0,01$  en moyenne. En admettant un rapport constant de 1,7 entre l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  (en Bq/g calcium) dans les aliments et dans le lait, on obtient, pour nos valeurs, un "rapport observé" de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres à celle des aliments de 0,20, qui correspond à la valeur à l'équilibre ("Observed ratio") préconisée par l'ICRP 20 [4].

**Figure 1: Evolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de 1980 à 1997 rapportée à l'année de naissance (dents de lait) resp. à l'année de décès (os)**



#### 6.2.4. Conclusions

Les déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  effectuées en Suisse en 1997 dans les vertèbres humaines et les dents de lait confirment et complètent les résultats des années précédentes. En considérant l'ensemble des déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  dans les os d'adultes et les dents de lait, rapportées à l'année de naissance de l'enfant, on peut constater une très légère augmentation de la concentration du  $^{90}\text{Sr}$  en 1986, qui est certainement liée à l'accident de Tchernobyl. Depuis 1987, les activités en  $^{90}\text{Sr}$  des vertèbres et des dents de lait sont pratiquement égales. En outre, les différences significatives du niveau d'activité entre régions, constatées dans les années soixante, tant pour les vertèbres que les dents, se sont estompées. Le rapport observé de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$ , exprimée en Bq/g de calcium, dans les os à celle des denrées alimentaires est de 0,20 en moyenne pour la période de 1991 à 1997. Cette valeur est en bon accord avec l'Observed Ratio (OR) à l'état d'équilibre proposée par l'ICRP 20.

## **Remerciements**

Que toutes les personnes qui ont contribué à ce travail en fournissant les échantillons trouvent ici l'expression de notre reconnaissance: les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno, les médecins dentistes privés concernés et ceux des cabinets dentaires scolaires des cantons de Vaud, Valais, Tessin et Zürich.

## **Bibliographie**

- [1] Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, UNSCEAR Report, United Nations Publication, New-York 1982.
- [2] Some Aspects of Strontium Radiobiology, NCRP Report N° 110, Bethesda, 1991, p. 38-48.
- [3] Strontium Metabolism, Proceedings of the International Symposium on Some Aspects of Strontium Metabolism, Chapelcross, 1967, edited by J.M.A. Lenihan.
- [4] ICRP Publication 20, Alkaline Earth Metabolism in Adult Man, 1973.