

**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:** - (1998)

**Rubrik:** Menschliche 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:** 01.04.2026

**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 Kernwaffenausfall und vom Reaktorunfall in Tschernobyl und das natürliche  $^{40}\text{K}$  (Kap. 6.1) sowie die Bestimmungen von  $^{90}\text{Sr}$  in menschlichen Wirbelknochen und Milchzähnen. (Kap. 6.2). Diese Messungen am Menschen bilden die Endkontrolle der Radioaktivitätsüberwachung und erlauben eine Überprüfungen der aus den Messungen an Lebensmitteln errechneten 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 sind diese Nuklide nicht mehr nachweisbar, d.h. die Messwerte liegen mit vereinzelt Ausnahmen unter 25 Bq. Andere künstliche 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 mSv pro Jahr, während das natürliche  $^{40}\text{K}$  etwa 0.2 mSv ausmacht.*

## 6.1. Ergebnisse der Ganzkörpermessungen

<b>H. Völkle</b>	Sektion Überwachung der Radioaktivität, BAG Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG
<b>M. Boschung</b>	Abteilung Strahlenschutz und Entsorgung, PSI 5232 VILLIGEN-PSI
<b>A. Donath , Mme. S. Namy</b>	Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspital Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 GENF 4
<b>H. W. Roser</b>	Abteilung Radiologische Physik Kantonsspital Basel, 4031 BASEL

### 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 teilweise noch  $^{137}\text{Cs}$  nachweisbar, das vom Reaktorunfall in Tschernobyl stammt. Die Messwerte an Schülern aus Genf liegen mit einer Ausnahme unter der Nachweisgrenze von 10 Bq, jene der Schüler aus Basel mit wenigen Ausnahmen unter 30 Bq unter 25 Bq.*

### 6.1.2 Ziel der Messungen

Im PSI werden zur Zeit Ganzkörpermessungen nur zur Überwachung der beruflich strahlen-exponierten 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 junge Frauen und Männer (15 - 21 Jahren) aus Mittelschulen.

### 6.1.3 Kalibrierung und Nachweisgrenzen

Das Paul Scherrer Institut stellte im Juni 1998 das von der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen beschaffte Human Whole Body Phantom (IGOR genannt) mit radioaktiven Quellen ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ) bekannter Aktivitäten für Kalibriermessungen am Ganzkörperzähler des Kantonsspitals Basel zur Verfügung. Das baukastenartig aufgebaute Block-Phantom ermöglichte für den Ganzkörperzähler die Bestimmung der Messempfindlichkeit in Abhängigkeit von der  $\gamma$ -Energie (verschiedene Quellen) und der Phantommasse. IGOR wird in Zukunft vor allem der Qualitätssicherung der Ganz- und Teilkörpermessplätze in der Schweiz dienen.

Messstelle	Nal-Kristall	Messdauer	Nachweisgrenze für $^{137}\text{Cs}$ in Bq
Kantonsspital GE	10x6,8"	20 Min	10
Kantonsspital BS	2x (8x4")	24 Min	25 (3x Standardabweichung)
PSI	4x4" Nal	15 Min	100

### 6.1.4 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 1998 528 Messungen im Ganzkörperzähler durchgeführt. Sie ergaben  $^{137}\text{Cs}$ -Werte bis 420 Bq. 525 (d.h. 99.4%) der Messwerte lagen unterhalb der Erkennungsgrenze von 100 Bq.

Die Messwerte an Gymnasiasten aus Genf lagen (mit einer Ausnahme) unter der Nachweisgrenze von 10 Bq  $^{137}\text{Cs}$ ; jene aus Basel (mit wenigen Ausnahme) unter 25 Bq (siehe Tab. 1).

Da Caesium, wie Kalium, vor allem in das Muskelgewebe geht und bei Männern der Anteil an 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  $^{137}\text{Cs}$  im Körper einer 70 kg schweren Person führt zu einer Jahresdosis von ca. 0.003 milli-Sievert. Die  $^{137}\text{Cs}$ -Werte der Genfer bzw. Basler Gymnasiasten entsprechen somit etwa 0.0005 milli-Sievert pro Jahr. Demgegenüber beträgt die mittlere Jahresdosis durch das natürliche  $^{40}\text{K}$ , das wie Caesium im Muskelgewebe eingebaut wird, ca. 0.2 milli-Sievert.

**Tab. 1:** Übersichtstabelle Ganzkörpermessungen Genf und Basel, 1998: mittlere Aktivität

Ort	Anzahl Personen	Geburtsjahr	Gewicht in kg Mittel (Bereich)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq)	$^{40}\text{K}$ (Bq)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
Genf 1998	Frauen (n = 20)	1979-1982	59 (49-73)	< 10	3210	54
	Männern (n = 25)	1980-1981	71 (53-84)	< 10 <sup>1)</sup>	4520	64
Basel 1998	Frauen (n = 13)	1979-1982	58 (51-76)	< 25 <sup>2)</sup>	3360	58
	Männern (n = 20)	1978-1983	70 (57-100)	0 – 53 <sup>3)</sup>	4930	70

1) ein Ausreisser mit 378 Bq  $^{137}\text{Cs}$ ; junger Mann aus Polen, kürzlich zugezogen: Messung wird später wiederholt

2) ein Ausreisser: 115 Bq  $^{137}\text{Cs}$

3) 60% der Werte unter 25 Bq

Auch im Jahr 1998 wurden bei einigen Schülerinnen/Schülern (bei 9 von total 34)  $^{214}\text{Bi}$  Aktivitäten zwischen 50 Bq und 100 Bq gemessen, nachdem in den letzten Jahren (1995, 1996

und 1997) jeweils bei wenigen Personen (total 11)  $^{214}\text{Bi}$  Werte zwischen 100 Bq und 250 Bq festgestellt worden waren.

Anlässlich eines Ferienlagers im August 1998, zu dem Jugendliche aus der Region Tschernobyl ins Wallis eingeladen wurden, konnten in Basel vier Personen (ein Mädchen und zwei Knaben von ca. 12 Jahren und ein 24-jähriger Mann) am Ganzkörperzähler gemessen werden. Bei den drei Kindern ergaben sich  $^{137}\text{Cs}$  Aktivitäten von 3500 Bq bis 5400 Bq, beim untersuchten Mann wurden 8900 Bq  $^{137}\text{Cs}$  festgestellt. Bezogen auf die jeweiligen Körpermassen ergeben sich relativ konstante Werte von 100 Bq bis 130 Bq  $^{137}\text{Cs}$  pro kg für die spezifischen Aktivitäten. Ausser  $^{137}\text{Cs}$  konnten keine weiteren künstlichen Radioisotope nachgewiesen werden.

### **Ganzkörpermessungen von SBB Personal am PSI**

Im Auftrag der SBB und der HSK wurden im Sommer 1998 bei 151 Mitarbeitern der SBB, die an Transporten von abgebrannten Brennelementen aus Schweizer Kernkraftwerken beteiligt waren, Ganzkörpermessungen durchgeführt. Gesucht wurde insbesondere nach den Radionukliden  $^{60}\text{Co}$  und  $^{137}\text{Cs}$ . Die Messungen ergaben in keinem Fall einen Hinweis auf eine entsprechende Inkorporation.

## 6.2 Mesures de $^{90}\text{Sr}$ dans les vertèbres et les dents

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

Institut de radiophysique appliquée  
Grand-Pré 1, 1007 Lausanne

### Résumé

*Les déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres humaines d'adultes décédés en 1998 et les dents de lait extraites en 1998 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,  $^{90}\text{Y}$  (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 [1,2,3].

Les analyses ont porté sur des corps vertébraux, constitués d'os spongieux, où l'échange des alcalino-terreux est plus rapide 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.

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 fixent le  $^{90}\text{Sr}$  dans les 6 mois qui précèdent et les 6 mois qui suivent la naissance de l'enfant. En 1998, elles ont porté sur des dents collectées dans les cabinets dentaires scolaires ainsi qu'auprès de dentistes privés dans les cantons de Zürich, Vaud, Valais 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.

Le tableau 1 présente les résultats d'analyses de  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres d'adultes décédés en 1998, comparés à ceux de 1997.

Le tableau 2 présente les moyennes des activités en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait extraites en 1998, comparées à celles de 1997; on ne constate aucune différence significative entre régions ou années d'extraction.

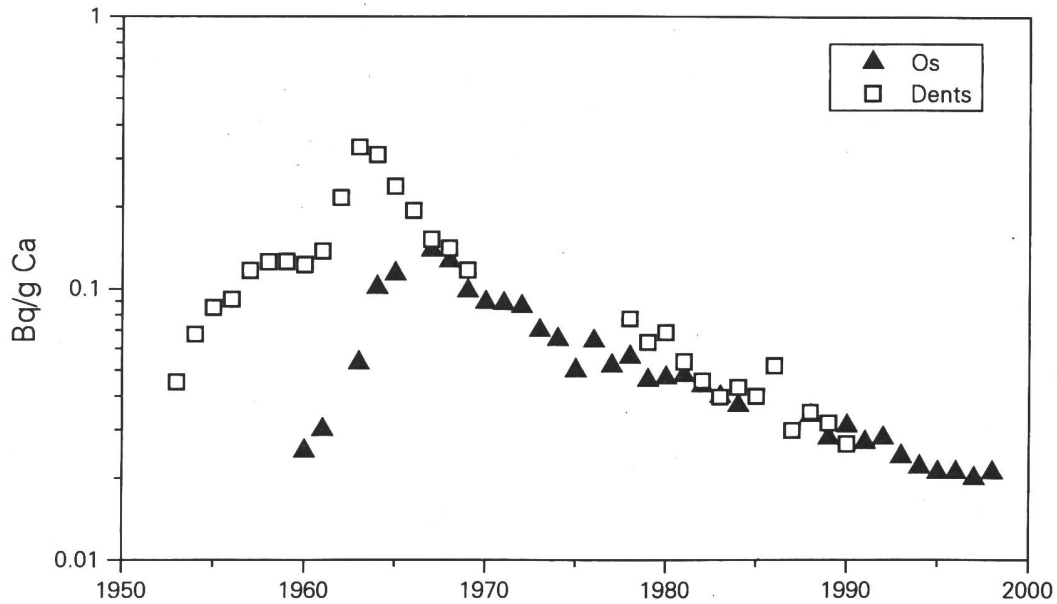
**Tableau 1:** Concentration en  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les vertèbres humaines

Région	Année de décès	
	1997	1998
Tessin	0.026 ± 0.005 [8]	0.031 ± 0.011 [6]
Lausanne	0.020 ± 0.003 [8]	0.021 ± 0.007 [6]
<b>Moyenne générale</b>	<b>0.023 ± 0.002 [16]</b>	<b>0.026 ± 0.003 [12]</b>

[ ] = nombre de déterminations

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

Ville	Années de naissance	Extraction en 1997	Années de naissance	Extraction en 1998
Vaud	1982-1985	0.044 ± 0.004	1982-1985	0.042 ± 0.006
	1986-1991	0.032 ± 0.003	1986-1991	0.033 ± 0.014
Valais			1980-1985	0.038 ± 0.005
			1986-1989	0.031 ± 0.002
Tessin	1981-1985	0.067 ± 0.006	1981-1985	0.036 ± 0.012
	1986-1990	0.047 ± 0.006	1986-1991	0.043 ± 0.004
Zürich	1981-1985	0.053 ± 0.004	1983-1985	0.029 ± 0.005
	1986-1991	0.038 ± 0.004	1986-1990	0.023 ± 0.004



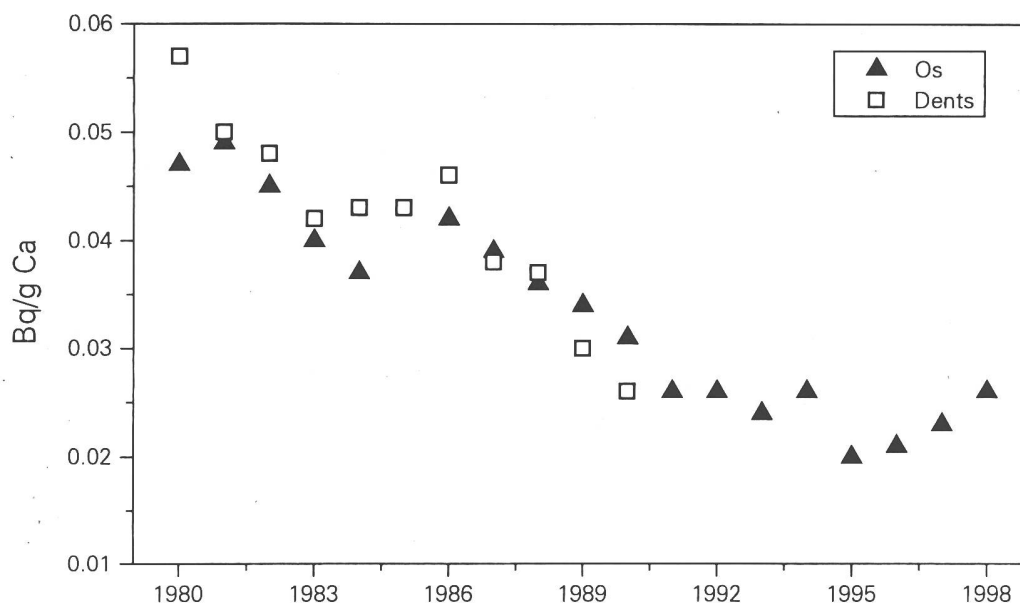
**Figure 1:** Evolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de 1953 à 1998 rapportée à l'année de naissance (dents de lait) resp. à l'année de décès (os) pour le canton de Vaud

La figure 1 présente, pour le canton de Vaud, l'évolution de l'activité du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres de 1960 à 1998, et celle des dents de lait, de 1953 à 1990. Elle provient essentiellement des retombées des années soixante. Après avoir culminé dans les os vers 1965, elle a diminué régulièrement jusqu'en 1992 et tend à se stabiliser actuellement vers 0.02 Bq/g Ca aussi bien dans les vertèbres que les dents de lait. L'activité en  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents s'est stabilisée entre 1959 et 1961 suite à une interruption temporaire des essais nucléaires, ce qui atteste la grande sensibilité des déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait.

La figure 2 montre l'évolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de l'ensemble des os et des dents de lait analysés de 1980 à 1998, toutes régions confondues. Cette figure 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  $^{90}\text{Sr}$  dans le squelette étant compensé par son élimination. Enfin, on constate que depuis 1988, les activités, rapportées au calcium, sont devenues pratiquement égales dans les vertèbres et les dents de lait.

Aussi bien pour les os que pour les dents, les activités mesurées depuis 1986 sont légèrement plus élevées, vraisemblablement suite à l'accident de Tchernobyl. Cet effet semble déjà perceptible dans les dents d'enfants nés en 1984 et 1985, dû vraisemblablement à la fixation de  $^{90}\text{Sr}$  par les racines des dents dans les premières années de l'enfant, alors que les couronnes fixent ce nucléide à l'époque de la naissance.





**Figure 2:** Evolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de 1980 à 1998 rapportée à l'année de naissance (dents de lait) resp. à l'année de décès (os), pour toutes les régions

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].

### 6.2.3 Conclusions

Les déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  effectuées en Suisse en 1998 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 décès pour les os et à l'année de naissance pour les dents de lait, on peut constater une très légère augmentation de la concentration du  $^{90}\text{Sr}$  en 1986, qui est vraisemblablement liée à l'accident de Tchernobyl. Depuis 1988, les activités en  $^{90}\text{Sr}$  des vertèbres et des dents de lait sont égales. En outre, les différences significatives du niveau d'activité 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.