

# Radioaktivität im menschlichen Körper

Objektyp: **Group**

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**

Band (Jahr): - **(1999)**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## 6. Radioaktivität im menschlichen Körper

### Zusammenfassung

*(hv) Dieses Kapitel enthält die Messungen von Radionukliden im menschlichen Körper: Messbar sind noch Spuren von  $^{137}\text{Cs}$  vom Kernwaffenausfall und vom Reaktorunfall in Tschernobyl sowie das natürliche  $^{40}\text{K}$  (Kap. 5.1.), im weiteren  $^{90}\text{Sr}$  in Wirbelknochen und Milchzähnen (Kap. 5.2.). Diese Messungen am Menschen bilden die Endkontrolle der Radioaktivitätsüberwachung und erlauben eine Überprüfung des aus den Messungen an Lebensmitteln errechneten Gehaltes des Körpers an Radionukliden.*

*Caesium wie auch Kalium wird vor allem im Muskelgewebe eingelagert. Caesium wird beim Erwachsenen mit einer biologischen Halbwertszeit von 2 bis 3 Monaten über den Stoffwechsel 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 15'000 Bq für  $^{137}\text{Cs}+^{134}\text{Cs}$  auftraten. Heute ist  $^{137}\text{Cs}$  kaum mehr nachweisbar, d.h. die Messwerte liegen meist unter 25 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- und frühen 90er-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 von 1999

M. Boschung <sup>1)</sup>, Mme. S. Namy <sup>2)</sup>, H. W. Roser <sup>3)</sup> und H. Völkle <sup>4)</sup>

1. Abteilung Strahlenschutz und Entsorgung, PSI, 5232 VILLIGEN-PSI
2. Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspital, Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 GENÈVE 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 teilweise noch <sup>137</sup>Cs 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 30 Bq.*

### 6.1.2. Ziel der Messungen

Im PSI werden zur Zeit Ganzkörpermessungen 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 10-20 15-21-jährige junge Frauen und Männer aus Mittelschulen.

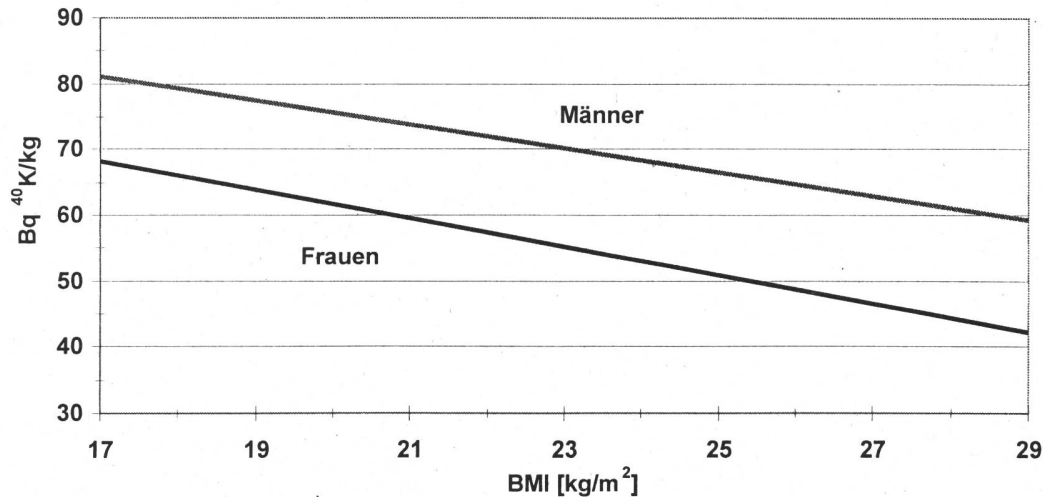
### 6.1.3. Ergebnisse und Interpretation

Für die Ganzkörpermessungen werden in der Regel grossvolumige NaI-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 1999 614 Messungen im Ganzkörperzähler durchgeführt. Sie ergaben <sup>137</sup>Cs-Werte bis 600 Bq, wobei 607 (d.h. 99.9%) der Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze von 100 Bq, 3 Messwerte im Intervall 100 – 200 und 4 Messwerte zwischen 200 und 600 Bq lagen.

Die Messwerte an Gymnasiasten aus Genf fielen alle unter die Nachweisgrenze von 10 Bq <sup>137</sup>Cs. Bei den Gymnasiasten aus Basel lagen sie unter 30 Bq (siehe Tab. 1), wobei bei den Frauen 92% weniger als 20 Bq aufwiesen, bei den Männern waren es 87%.

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 jene. Ein dauernder Gehalt von 100 Bq  $^{137}\text{Cs}$  im Körper einer 70 kg schweren Person führt zu einer Jahresdosis von ca. 0.003 mSv. Die  $^{137}\text{Cs}$ -Werte von 25 Bq (Nachweisgrenze) entspricht einer Jahresdosis von weniger als 0.0005 mSv pro Jahr. Demgegenüber beträgt die mittlere Jahresdosis durch das natürliche  $^{40}\text{K}$ , das wie Caesium im Muskelgewebe eingebaut wird, ca. 0.2 mSv. Der Kaliumgehalt im Körper nimmt mit zunehmenden Body-Mass-Index leicht ab (BMI = Gewicht/Grösse<sup>2</sup> [kg/m<sup>2</sup>]) ab, wie aus der Figur ersichtlich ist. Die Resultate wurden aus den Ganzkörpermessungen in Genf der letzten Jahre errechnet.



**Fig. 1:** Korrelation zwischen Body-Mass-Index (BMI = Gewicht/Grösse<sup>2</sup> [kg/m<sup>2</sup>]) und  $^{40}\text{K}$ -Gehalt, gemittelt aus den Ganzkörpermessungen von Genf der letzten Jahre

**Tab. 1:** Übersichtstabelle: Ganzkörpermessungen Genf und Basel, 1999

Ort	Anzahl Personen	Geburts-jahr	Gewicht in kg Mittel (Bereich)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq)	$^{40}\text{K}$ (Bq)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)
Genf 1999	Frauen (n = 19)	1980-1982	61 (50-75)	< 10	3350	55
	Männer (n = 18)	1980-1982	74 (63-99)	< 10	4910	66
Basel 1999	Frauen (n = 12)	1981-1984	57 (51-72)	0 – 26 (Mittel = 11)	3425	60
	Männer (n = 15)	1981-1984	68 (59-82)	0 – 30 (Mittel = 11)	4973	73

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

**J.-J. Geering, P. Froidevaux, F Barraud, 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 1999 et les dents de lait extraites en 1999 confirment les valeurs obtenues les années précédentes, à savoir la diminution exponentielle de l'activité observée de 1965 à 1993, hormis une faible augmentation mesurée dans les vertèbres d'adultes décédés en 1986. Depuis 1994, l'activité du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres s'est stabilisée vers 0,025 Bq/g Ca. L'activité dans les dents de lait est pratiquement égale à celle des vertèbres depuis 1988.*

### 6.2.1. Introduction

Le risque lié à l'ingestion du  $^{90}\text{Sr}$  est dû à sa longue période radioactive (28.5 ans) et biologique (env. 30 ans), à l'énergie bêta maximale élevée de son produit de filiation, l' $^{90}\text{Y}$  (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 nucléide 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 1999, 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 Valais. Au Tessin, les dents récoltées en 1999 étaient en nombre insuffisant pour permettre des déterminations; elles seront regroupées avec la collecte suivante et analysées en 2000.

## 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 1999, comparés à ceux de 1998.

Le tableau 2 présente les moyennes des activités en  $^{90}\text{Sr}$  des dents de lait extraites en 1999, comparées à celles de 1998; on ne constate aucune différence significative entre régions ou années d'extraction.

La figure 1 présente, pour le canton de Vaud, l'évolution de l'activité du  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres de 1960 à 1999, 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 0.025 Bq/g Ca aussi bien dans les vertèbres que les dents de lait. La sensibilité des déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait est telle qu'on a pu mettre en évidence une stabilisation de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  entre 1959 et 1961 suite à une interruption temporaire des essais nucléaires.

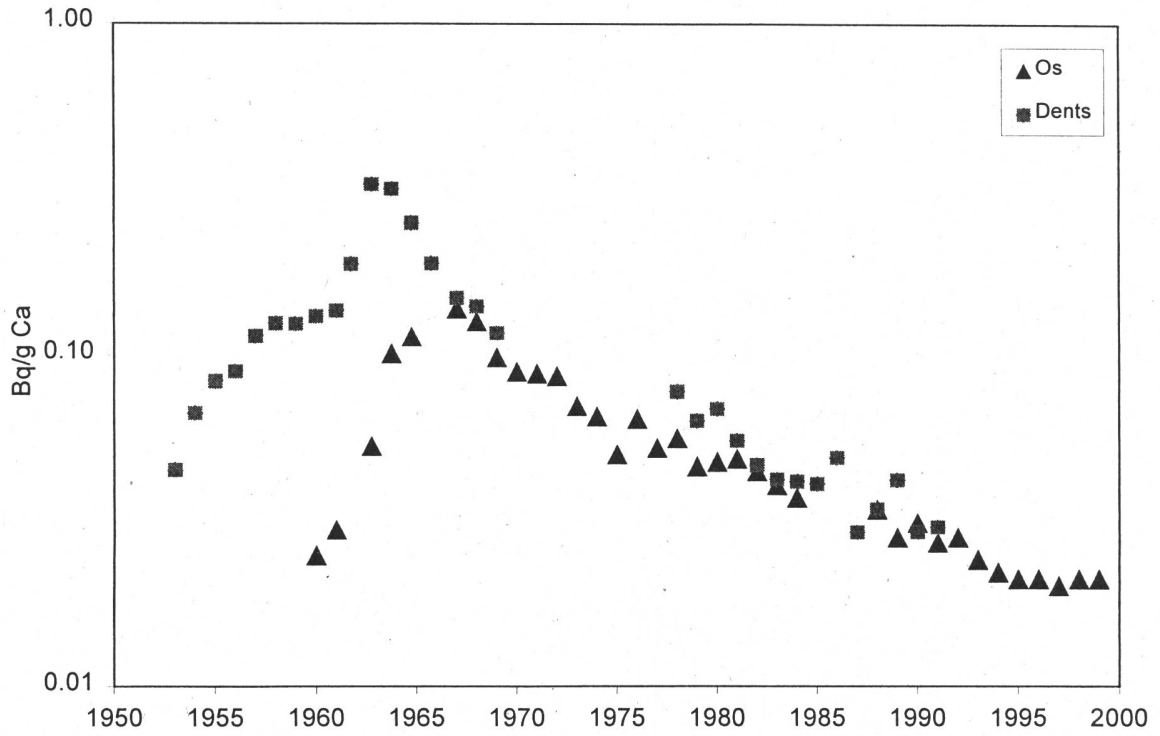
**Tableau 1:** Concentration en  $^{90}\text{Sr}$  (Bq/g Ca) dans les vertèbres humaines

Région	Année de décès	
	1998	1999
Tessin	0.031 ± 0.011 (6)	0.019 ± 0.006 (6)
Lausanne	0.021 ± 0.007 (6)	0.021 ± 0.002 (7)
Moyenne générale	0.026 ± 0.003 (12)	0.020 ± 0.001 (13)

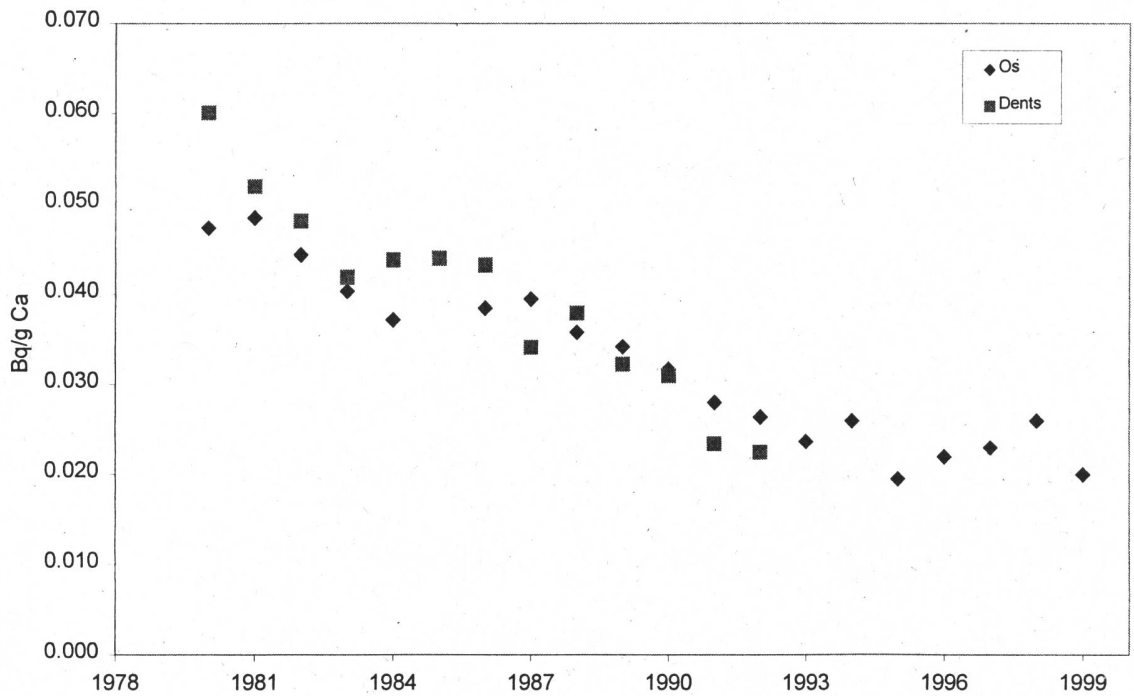
( ) = nombre de déterminations

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

Région	Années de naissance	Extraction en 1998	Extraction en 1999
Vaud	1980 - 1985	0.042 ± 0.006	0.036 ± 0.005
	1986 - 1994	0.033 ± 0.014	0.036 ± 0.006
Valais	1980 - 1985	0.038 ± 0.005	0.040 ± 0.005
	1986 - 1994	0.031 ± 0.002	0.029 ± 0.005
Zürich	1980 - 1985	0.029 ± 0.005	0.042 ± 0.004
	1986 - 1994	0.023 ± 0.004	0.027 ± 0.004



**Figure 1:** Evolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de 1953 à 1999 rapportée à l'année de naissance (dents de lait) respectivement à l'année de décès (os) pour le canton de Vaud



**Figure 2:** Evolution de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  de 1980 à 1999 rapportée à l'année de naissance (dents de lait) respectivement à l'année de décès (os), pour toutes les régions

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 1999, toutes régions confondues.

Dans les os, l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  a diminué régulièrement de 1980 à 1993 puis s'est stabilisée vers 0.025 Bq/g Ca.

La figure 2 montre également que les activités dans les vertèbres sont légèrement plus élevées entre 1986 et 1993 par rapport aux 8 années précédentes. Cet effet pourrait être attribué à l'accident de Tchernobyl.

On constate également que depuis 1988 les activités, rapportées au calcium, sont devenues pratiquement égales dans les vertèbres et les dents de lait.

Dans le cas des dents de lait, la très faible élévation d'activité constatée depuis 1996 chez les enfants nés en 1986 s'estompe au fur et à mesure que les dents proviennent d'enfants plus âgés, au point de ne plus guère être perceptible actuellement. Ce nivellement de l'activité s'explique par le fait que les racines des dents continuent d'échanger du strontium-90 tout au long du développement de la dent alors que les couronnes ne fixent ce nucléide que dans les 6 mois environ qui précèdent et qui suivent la naissance. Pour la même raison, les dents d'enfants nés en 1984 et 1985 présentent déjà des activités comparables à ceux nés en 1986.

### **6.2.3. Conclusions**

Les déterminations de  $^{90}\text{Sr}$  effectuées en Suisse en 1999 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 dans les os, qui est vraisemblablement liée à l'accident de Tchernobyl. Dans les dents de lait par contre, regroupées par année de naissance indépendamment de l'année d'extraction, le niveau d'activité légèrement plus élevé en 1986 constaté les années précédentes tend à s'estomper du fait de l'échange de  $^{90}\text{Sr}$  par les racines des dents. Depuis 1988 d'autre part, les activités en  $^{90}\text{Sr}$  des vertèbres et des dents de lait sont pratiquement égales.

### **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.