Radioactivité dans le corps humain = Radioaktivität im Menschen

Objekttyp: **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): **- (2021)**

PDF erstellt am: **03.06.2024**

Nutzungsbedingungen

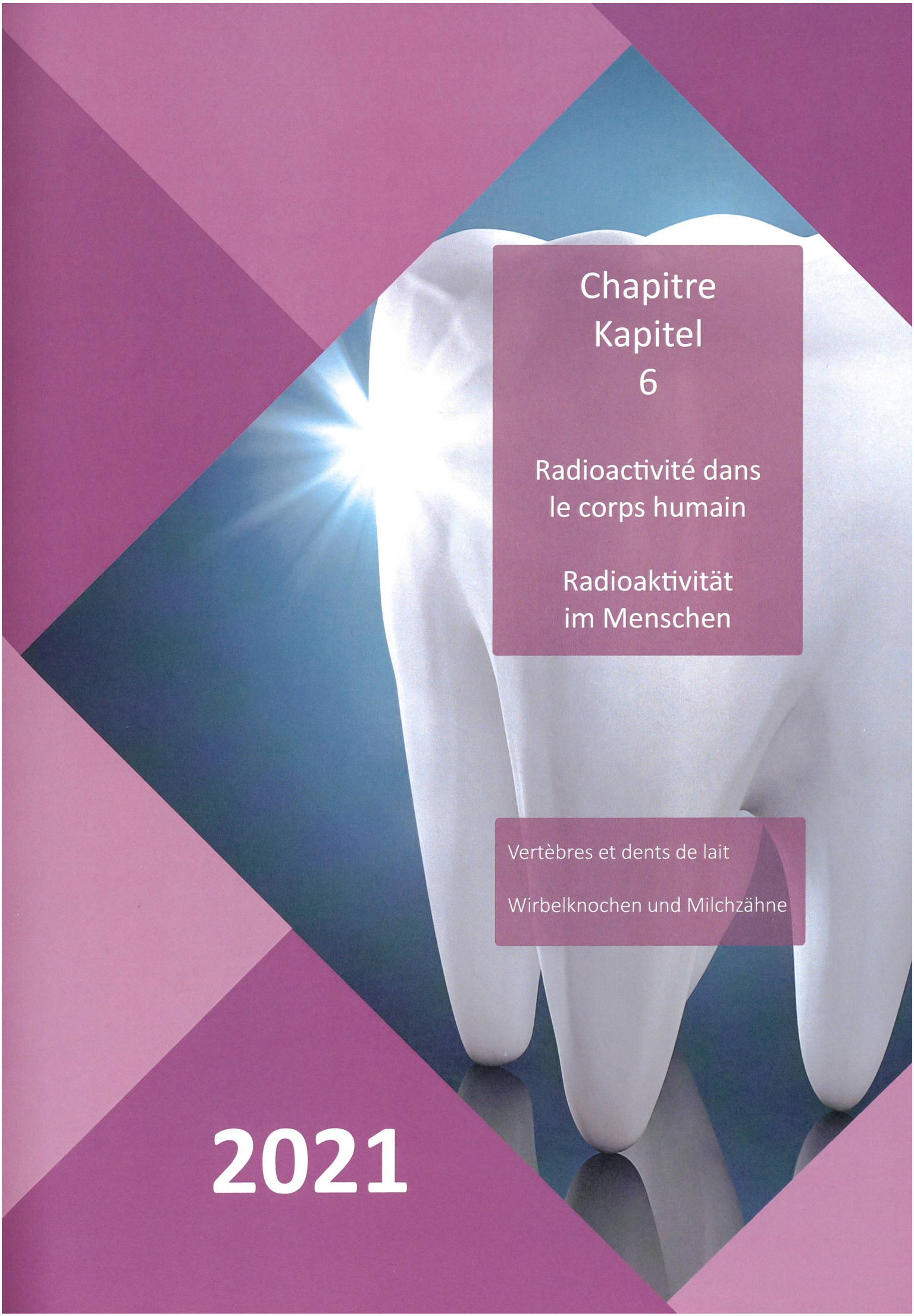
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung 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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch



Chapitre
Kapitel
6

Radioactivité dans le corps humain

Radioaktivität im Menschen

Vertèbres et dents de lait

Wirbelknochen und Milchzähne

2021

6.1
Mesures de ^{90}Sr, ^{210}Po et ^{226}Ra dans les vertèbres et de ^{90}Sr dans les dents de lait

R. Cusnir, P.-A. Pittet, P. Froidevaux, C. Pilloud, F. Barraud, A. Bonnin, M. Straub
Institut de radiophysique, CHUV, Grand Pré 1, Lausanne

Résumé

La mesure de la radioactivité dans les vertèbres humaines et les dents de lait permet l'évaluation de l'atteinte à l'homme ainsi qu'une évaluation de la contamination de la chaine alimentaire. L'année 2021 a permis une reprise de la collecte des vertèbres dans les instituts de pathologie suite à une réduction d'échantillonnage due aux contaminations Covid-19. Nous avons pu analyser le ^{90}Sr dans douze échantillons, le ^{210}Po dans six échantillons et le ^{226}Ra dans quatre échantillons, répartis équitablement entre Vaud et Tessin selon le plan de mesures de l'OFSP. Six analyses ont pu être réalisées sur les dents-de-lait, dont la collecte a atteint son terme.

Les activités en ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait mesurées dans ce travail sont très basses, en constante diminution par rapport aux années précédentes et ne dépassent pas 11 mBq/g Ca dans ces deux types d'échantillons. Les activités en ^{210}Po sont situées entre 4.7 et 33.6 mBq/g Ca, soit des valeurs incluses dans l'intervalle des valeurs de notre base de données des mesures effectuées à l'IRA depuis 2006 sur des prélèvements de vertèbres dans les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno (moyenne à 28.1 mBq/g Ca). Les activités en ^{226}Ra sont situées entre 3.6 et 6.1 mBq/g Ca et sont dans la gamme des valeurs obtenues les années précédentes (moyenne à 1.99 mBq/g Ca). Il est important d'extraire un maximum de données de ces échantillons humains, par ailleurs difficiles à collecter, afin de construire des bases de données utiles en modélisation dosimétrique.

Introduction

Le ^{90}Sr est un radionucléide produit lors de la fission de l'uranium et il est ainsi un indicateur de la fission nucléaire. La mesure du ^{90}Sr dans différents compartiments de l'environnement, de la chaine alimentaire et de l'homme permets d'estimer le transfert de ce radionucléide issu d'explosions d'armes nucléaires ou d'accidents radiologiques, ainsi que d'estimer la dose de radioactivité reçue par l'être humain. L'IRA, sur mandat de l'OFSP mesure depuis les années soixante le ^{90}Sr dans les vertèbres humaines prélevées lors d'autopsies. Ces mesures permettent l'évaluation de la contamination de la chaine alimentaire par ce radioélément car, de par sa nature chimique similaire au calcium, il se transfère rapidement du sol à l'herbe, de l'herbe au lait et ainsi jusqu'à l'homme, dans lequel il cible la masse osseuse. Depuis une dizaine d'années, nous mesurons également le ^{210}Po, un produit issu de la chaine de désintégration de ^{238}U, élément radioactif présent naturellement dans le sol et dans les roches. La mesure de ^{210}Po dans les vertèbres permet l'évaluation de l'incorporation de ^{210}Pb, dont le métabolisme suit celui du calcium [1]. Le couple $^{210}Pb/^{210}Po$ est incorporé dans l'organisme humain par inhalation des produits de filiation du gaz ^{222}Rn présent dans l'air. L'inhalation de fumées du tabac peut par ailleurs apporter une contribution supplémentaire non négligeable. Une proportion importante de $^{210}Pb/^{210}Po$ est également incorporée par ingestion de nourriture, spécialement les fruits de mer.

La mesure de ^{226}Ra dans les os humains est réalisée dans le but de déterminer une valeur de référence pour la population suisse. Ce travail est effectué notamment en regard des contaminations potentielles liées aux héritages radiologiques de l'industrie horlogère. Comme le ^{90}Sr, le ^{226}Ra, qui est un élément alcalino-terreux similaire au

calcium, se dépose également dans la masse osseuse, suivant les chemins métaboliques du calcium. Le but de ces mesures est d'obtenir une base de données de valeurs de ^{226}Ra dans les os humains pour la population suisse non exposée professionnellement à ce radioélément.

L'année 2021 a permis une reprise des activités de collecte d'échantillons de vertèbres dans les instituts de pathologie du Tessin et de Lausanne, malgré la pandémie du Covid-19, toujours d'actualité. Nous avons donc déterminé l'activité en ^{90}Sr, qui nécessite au moins 10 g de cendres d'os, dans six cas prélevés au Tessin et six cas prélevés dans le canton de Vaud courant 2021. Nous avons également mesuré le ^{210}Po dans six échantillons et le ^{226}Ra dans quatre échantillons. Dans ce rapport, nous rapportons également la mesure en ^{90}Sr des dents de lait d'une personne née en 1973 et ayant vécu son enfance dans le canton de Neuchâtel.

Méthodes

Les méthodes d'analyses du ^{90}Sr et du ^{210}Po peuvent être trouvées dans les références [2] et [3]. La méthode d'analyse du ^{226}Ra est décrite en détail dans la référence [4]. Les concentrations en ^{90}Sr, ^{210}Po et ^{226}Ra déterminées dans les os sont rapportées en mBq de radionucléide par g Ca de façon à prendre en compte les variations de la densité osseuse en fonction de la constitution de chaque individu.

Résultats et discussion

Les analyses de ^{90}Sr dans les vertèbres humaines n'ont pas montré de valeurs anormales (Tableau 1), et l'activité en ^{90}Sr continue de décroitre avec une période biologique d'environ 13 ans, depuis la fin des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère des années soixante [5, 6]. En 2021, l'activité moyenne en ^{90}Sr des vertèbres humaines en Suisse était de 6.3 ± 2.2 mBq/g Ca. Ces faibles valeurs se traduisent par une incertitude souvent supérieure à 30% dans la mesure de ^{90}Sr. Ce résultat indique qu'il n'y a pas eu d'apport supplémentaire significatif de ce radionucléide dans l'environnement en Suisse depuis ces événements, même si l'accident nucléaire de Tchernobyl en 1986 a temporairement légèrement augmenté ces valeurs en Suisse [6, 7].

Depuis 2006 nous analysons régulièrement l'activité en ^{210}Po des vertèbres humaines. Notre base de données contient actuellement 84 cas, pour une moyenne à 28.1 mBq/g Ca et un écart-type à 21.4 mBq/g Ca. La valeur minimale est à 5.95 mBq/g Ca et la valeur maximale à 101.6 mBq/g Ca. L'incorporation de ^{210}Pb/^{210}Po est variable selon les personnes et dépend de plusieurs facteurs, dont les habitudes en matière de tabagisme et d'alimentation, ainsi que l'exposition au ^{222}Rn. Dans le métabolisme humain, c'est le plomb qui cible préférentiellement la masse osseuse [1]. On peut donc faire l'hypothèse que ^{210}Pb et ^{210}Po sont à l'équilibre radioactif dans ce compartiment du modèle biocinétique du polonium. Cette donnée nous sera d'importance pour la modélisation de l'incorporation de ^{210}Pb et ^{210}Po

Tableau 1:
^{90}Sr, ^{210}Po et ^{226}Ra (mBq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2021. Incertitudes pour u (95%).

Lieu décès	^{90}Sr (mBq/g Ca)	^{210}Po (mBq/g Ca)	^{226}Ra (mBq/g Ca)
Tessin	10.7 ± 2.7	25.2 ± 2.0	
	4.8 ± 1.4		
	4.5 ± 1.8		
	7.2 ± 1.9	6.6 ± 0.6	0.8 ± 0.4
	6.3 ± 1.8		0.5 ± 0.2
		33.6 ± 2.5	
Vaud	2.7 ± 0.7	4.7 ± 0.4	
	4.6 ± 1.3	7.9 ± 0.7	0.5 ± 0.2
	4.4 ± 1.2		
	6.9 ± 1.8		
	9.0 ± 2.3		
	6.6 ± 1.8	20.2 ± 1.6	0.4 ± 0.2
	6.3 ± 2.2 (n=12)		

Tableau 2:
^{90}Sr (mBq/g Ca) dans les dents de lait d'enfants nés en Suisse en 1973 et entre 2005 et 2014, mesurées en 2021. Les dents de lait sont groupées pour former un échantillon d'au moins 5g de cendre après calcination (environ 10 dents). Incertitudes pour u (95%).

Naissance		^{90}Sr (mBq/g Ca)
Année	Lieu	
1973 [a)]	Neuchâtel	67.8 ± 18.5
2006- 2008 [b)]	Vaud	7.5 ± 4.0
2008- 2009 [b)]	Zürich	8.7 ± 2.6
2011- 2014 [b)]	Zürich	8.9 ± 3.3
2005- 2008 [b)]	Zürich	8.2 ± 3.5
2005- 2008 [b)]	Vaud	7.2 ± 3.6

[a)] Dents extraites pendant l'enfance d'une seule personne, née en 1973.
[b)] Mélange de dents extraites pour plusieurs enfants.

par inhalation des produits de combustion du tabac contenant ces deux radioéléments, dans le cadre d'un projet réalisé sur mandat de l'OFSP visant à évaluer les doses de rayonnement dues au tabagisme.

Le programme de mesure de ^{90}Sr dans les dents de lait touche à sa fin, car il est presque impossible d'obtenir des tailles d'échantillons suffisantes pour des analyses au niveau d'activité actuelle (< 12 mBq/g Ca). Il faut en effet au minimum 10 dents de lait (5 g de cendres) d'enfants nés la même année au même endroit (Vaud, Zürich ou Tessin) pour être en mesure de quantifier l'activité en ^{90}Sr. Comme pour les vertèbres, on observe une diminution régulière de la radioactivité depuis la fin des essais nucléaires en atmosphère, également avec une période biologique d'environ 10 ans [7]. La mesure des dents de lait de la personne née en 1973 est très importante car nous n'avons pas de valeur de référence pour cette date, le programme de mesure des dents de lait ayant été arrêté pour les dates de naissances comprises entre 1970 et 1976, puis repris après l'accident de Tchernobyl. La valeur obtenue de 67.8 mBq/g Ca s'insère parfaitement dans le continuum de la courbe décroissante d'activité, comme le montre la Figure 1.

À la suite de la découverte d'un nombre important de bâtiments contaminés par l'exercice d'activités horlogères utilisant de la peinture au ^{226}Ra, l'OFSP a initié un programme d'assainissement des bâtiments contenant du ^{226}Ra (Plan d'action Radium 2015-2023). Il est apparu important alors de pouvoir déterminer une moyenne d'activité en ^{226}Ra dans les os humains de la population suisse non exposée à ce radioélément. Nous avons saisi l'opportunité du programme de mesure de radioactivité dans les vertèbres humaines pour y inclure la mesure de ^{226}Ra. Notre base de données contient actuellement 41 cas, pour une moyenne à 1.99 ± 1.28 mBq/g Ca. La valeur minimale est à 0.7 mBq/g Ca et la valeur maximale à 6.1 mBq/g Ca. L'histogramme de la distribution des valeurs (Figure 2) ne montre pas de singularité, avec plus de 80% des valeurs distribuées entre 0.7 et 3.0 mBq/g Ca. Nous n'avons pas observé de différence entre l'activité en ^{226}Ra contenue dans les vertèbres (os trabéculaire) et les fémurs ou les os de la mâchoire (os cortical), ce qui montre que le ^{226}Ra est introduit dans l'organisme comme élément alcalino-terreux similaire au calcium, probablement principalement par la nourriture (boisson comprise). En 2021, l'activité d'un des échantillons du Tessin a dépassé 5 mBq/g Ca. Toutefois, l'incertitude associée a cette mesure est supérieure à 45% et ne nous permet pas de conclure avec certitude à une exposition au ^{226}Ra autre que par une source naturelle.

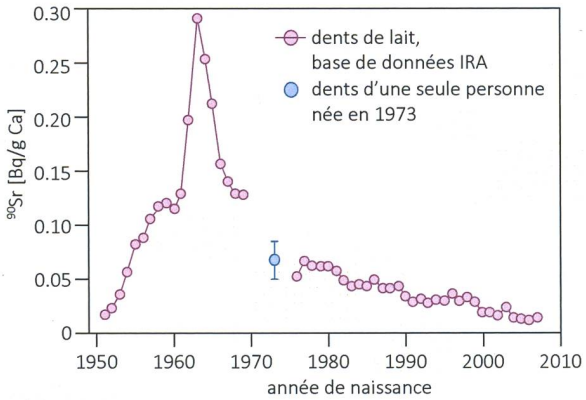


Figure 1 :
Activité en ^{90}Sr des dents de lait pour des enfants nés entre 1951 et 2007 (base de données IRA, points rouges) et pour une personne née en 1973 (cercle bleu).

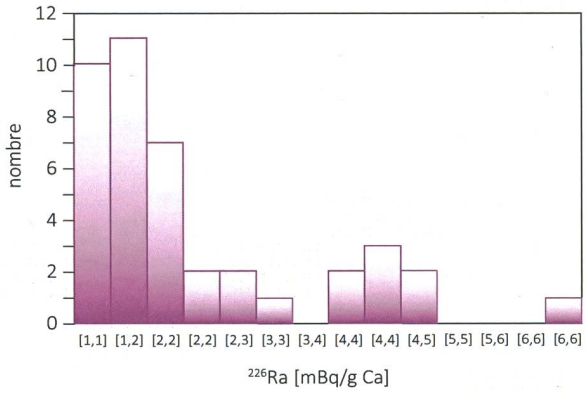


Figure 2 :
Histogramme des valeurs en ^{226}Ra (mBq/g Ca) pour 41 analyses réalisées dans les vertèbres et os cortical prélevés en Suisse entre 2014 et 2021.

Conclusions

Les mesures de radioactivité dans les vertèbres humaines en 2021 n'ont pas montré d'exposition à des valeurs d'activité qui pourraient s'avérer problématiques en terme de dose reçue par le public en Suisse. Les activités en ^{226}Ra et ^{210}Po reflètent une exposition naturelle à ces radioéléments, principalement par ingestion. L'introduction de la mesure de différents radioéléments d'importance dosimétrique dans les analyses de routine du plan national de surveillance de la radioactivité permet l'acquisition de données pouvant se révéler très utiles par la suite. Souvent, c'est le prélèvement d'échantillons qui s'avère la plus complexe lorsqu'il s'agit de l'humain. La disponibilité d'échantillons étant restreinte, il est important de pouvoir extraire un maximum d'informations à partir de ces échantillons.

La constitution de bases de données statistiquement représentatives de l'exposition naturelle de la population suisse à ces radioéléments doit permettre d'analyser et d'évaluer rapidement la situation en cas de situations exceptionnelles.

Remerciements

Nous remercions les médecins-dentistes ayant participé à la collecte des dents de lait et les instituts de pathologie de Locarno et de Lausanne pour la collecte des vertèbres.

Références

[1] Legett, RW. An age-specific kinetic model for lead metabolism in human. Env. Health Perspect. 1993, 101, 598-616.

[2] Schrag et al. Dating human skeletal remains using a radiometric method: Biogenic versus diagenetic ^{90}Sr and ^{210}Pb in vertebrae. Forensic Sci.Int. 2012, 220, 271–278.

[3] Froidevaux et al. Retention half times in the skeleton of plutonium and ^{90}Sr from above-ground nuclear tests: A retrospective study of the Swiss population. Chemosphere, 2010, 80, 519-524.

[4] Straub et al. Determination of ^{226}Ra at low levels in environmental, urine, and human bone samples and ^{223}Ra in bone biopsy using alpha-spectrometry and metrological traceability to ^{229}Th/^{225}Ra or ^{226}Ra. Anal. Chim. Acta, 2018,1031, 178-184

[5] Froidevaux and Haldimann. Plutonium from Above-Ground Nuclear Tests in Milk Teeth: Investigation of Placental Transfer in Children Born between 1951 and 1995 in Switzerland. Env. Health Perspect. 2008, 116, 1731-1734.

[6] Froidevaux et al. Long-Term Effects of Exposure to Low-Levels of Radioactivity: a Retrospective Study of ^{239}Pu and ^{90}Sr from Nuclear Bomb Tests on the Swiss Population. In «Nuclear Power - Operation, Safety and Environment», book edited by Pavel Tsvetkov, ISBN 978-953-307-507-5, Published: September 6, 2011 under CC BY-NC-SA 3.0. Chapter 14, Open Acces.

[7] Froidevaux et al. ^{90}Sr in deciduous teeth from 1950 to 2002: The Swiss experience. Sci. Total. Environ. 2006, 367, 596-605.