Teneur en ^{90}Sr de dents humaines collectées en Polynésie française

C. BADIE*, C. ARNOULD*, J. SARBACH*, M. ARNAUD*,
R. LEMERCIER*, C. BERNARD*,
P. HOWELL**, T. TEXIER**

RÉSUMÉ

Afin de mesurer la teneur en ^{90}Sr des dents des Polynésiens, des prélèvements ont été effectués sur des individus d'origine géographique et d'âge différents. Les résultats de ces analyses montrent essentiellement que l'activité en ^{90}Sr se corrèle avec le taux des retombées des essais nucléaires mondiaux réalisés principalement entre 1952 et 1963, quelle que soit l'origine géographique des populations. Les deux groupes d'âge montrant les plus faibles activités sont bien le groupe des personnes nées avant 1945 (avant les retombées) et le groupe des enfants nés entre 1976 et 1986 (après les retombées les plus fortes). Quant à la teneur moyenne la plus élevée: 30 mBq/g Ca – qui correspond aux individus nés entre 1956 et 1965 – elle est de l'ordre de la moitié de ce que l'on détecte en Europe pour les groupes d'âge correspondants.

ABSTRACT

In order to measure ^{90}Sr levels in Polynesians' teeth, samples were taken from individuals of different geographical origins and ages. The analyses demonstrated especially that ^{90}Sr activity was correlated with fallout activity due to the nuclear weapon tests carried out between 1952 and 1963, whatever the geographical origin of the populations. The two age groups showing the lowest activities are 1) the group of individuals born before 1945 and 2) the group of children born between 1976 and 1986 (i.e. after the largest fallouts). The highest mean level – 30 mBq/g Ca, corresponding to the individuals born between 1956 and 1965 – is about half the amounts detected in Europe for the corresponding age groups.

* Commissariat à l'énergie atomique, Institut de protection et de sûreté nucléaire, Laboratoire d'étude et de surveillance de l'environnement, BP 519, Papeete, Tahiti, Polynésie française.

** Service d'hygiène dentaire, BP 947, Papeete, Tahiti, Polynésie française.

INTRODUCTION

La teneur en ^{90}Sr des dents d'une population peut témoigner, dans une certaine mesure, du degré d'exposition aux retombées mondiales. Durant l'année 1986, le Service d'hygiène dentaire de Polynésie française (SHD) a prélevé 1983 dents sur des individus d'âges variés et de différentes origines géographiques. Ces échantillons ont été confiés au Laboratoire d'étude et de surveillance de l'environnement (LESE) qui s'est chargé des mesures des teneurs en calcium, strontium stable et strontium 90.

Matériel et méthodes

La figure 1 indique la répartition du nombre de dents prélevées, en fonction du groupe d'âge et de l'origine géographique des individus. A l'évidence, la répartition n'est pas homogène: ceci est dû aux difficultés rencontrées pour la collecte des dents extraites. Dans le cas le plus défavorable: groupe (Gambier, moins de 10 ans) une seule dent a pu être obtenue.

Fig. 1. — Répartition des prélèvements.

Analyse chimique

Une trentaine de grammes de matière "fraîche" est nécessaire pour que notre processus analytique se déroule de façon optimale. En conséquence, les différents groupes de dents sont répartis en lots destinés à l'analyse, dans la mesure où les groupes sont suffisamment importants. C'est ainsi que le groupe (Iles du Vent, 11 à 20 ans) avec 244 dents de masse totale 297,5 g nous a fourni neuf lots constitués au hasard d'environ 33 g, tandis que le groupe (Gambier, moins de 10 ans) avec une dent de 0,8 g nous amène à conduire une analyse dans de très mauvaises conditions.

Les échantillons sont séchés à l'étuve à 100°C durant 48 h puis minéralisés au four : 24 h à 500°C , puis 24 h à 700°C . Ensuite, broyés au mortier, ils subissent deux traitements différents en fonction des éléments recherchés.

1 — *Dosage du strontium et du calcium.* Une masse de 1 g de cendres est dissoute dans de l'acide chlorhydrique dilué. Une partie de cette solution sert à la mesure du strontium par spectrophotométrie d'absorption atomique, l'autre partie permet, en précipitant les oxalates, de déterminer par pesée la teneur en calcium.

2 — *Dosage du ^{90}Sr .* Les cendres restantes (en fait, la quasi-totalité dans les cas ordinaires) sont mises en solution par l'acide nitrique en effectuant un ajout de 50 mg de strontium entraîneur. Strontium et calcium sont séparés par la différence de solubilité de leur nitrate en milieu nitrique. Le nitrate de strontium obtenu est purifié notamment en éliminant l'hydroxyde d'yttrium. On obtient alors un précipité de carbonate de strontium (environ 100 mg) que l'on mesure immédiatement à l'aide d'un compteur à circulation à bas bruit de fond NU15B pour suivre dans le temps la croissance de l'yttrium 90 . Juste avant la précipitation des carbonates, on prélève une aliquote pour déterminer la teneur en strontium stable par spectrophotométrie d'absorption atomique, ce qui, en comparant avec la mesure initiale menée sur le gramme de cendres, nous permet de connaître le rendement chimique. Une fois l'équilibre $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ atteint (en pratique nous attendons 15 jours), nous séparons les deux éléments par une double précipitation d'hydroxydes puis par précipitation finale du strontium sous forme de carbonate et de l'yttrium sous forme d'oxalate. C'est ce précipité d'oxalate d'yttrium que l'on mesure immédiatement à l'aide des NU15B.

Technique de mesure

Trois types de mesures bêta sont menés sur chaque échantillon :

1. une mesure sur le carbonate de strontium avec un suivi tel que la montée de ^{90}Y est quantifiée ;
2. une mesure de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ à l'équilibre ;
3. une mesure de l'oxalate d'yttrium et suivi en décroissance de ^{90}Y (période 64,2 h).

Bien que les deux premiers types de mesures fournissent de bonnes indications, ce sont les résultats du troisième type, les plus précis, qui sont présentés ici.

Résultats

Les 1983 dents prélevées conduisent aux résultats globaux suivants :

poids "frais" (PF) = 1830 g
 poids de cendres (PC) = 1381 g
 poids de calcium = 505 g
 poids de strontium = 155 mg

activité totale = 9,0 Bq
 activité moyenne = 6,5 mBq/g cendres ou 18 mBq/g Ca
 PC/PF = 0,75
 poids Ca/PC = 0,37
 poids Sr/poids Ca = $3,1 \cdot 10^{-4}$
 poids moyen d'une dent = 0,92 g "frais".

Le tableau I et la figure 2 rassemblent les résultats obtenus en fonction du groupe d'âge et de l'origine géographique. Chaque valeur représente la moyenne des mesures effectuées sur les différents lots constitués pour chaque groupe (origine, âge). En général, plus le nombre de dents est élevé, meilleure est la précision; ainsi le groupe (Gambier, moins de 10 ans) qui ne comporte pas une masse suffisante pour une bonne analyse est donné à titre purement indicatif: le rendement chimique ainsi que la teneur en calcium, ne pouvant être mesurés, sont simplement estimés.

TABLEAU I

⁹⁰Sr dans les dents des Polynésiens en fonction du groupe d'âge et de l'origine géographique (en mBq/g Ca)

	≤ 10 ans	11 à 20 ans	21 à 30 ans	31 à 40 ans	≥ 41 ans
	1986-1976	1975-1966	1965-1956	1955-1946	1945-....
Iles du Vent	16 ± 1	22 ± 1	33 ± 3	44 ± 7	3,0 ± 0,4
Iles Sous-le-Vent	10 ± 1	26 ± 2	44 ± 8	21 ± 3	17 ± 2
Marquises	14 ± 1	24 ± 2	20 ± 3	17 ± 3	9,2 ± 1,1
Australas	13 ± 2	15 ± 2	28 ± 4	22 ± 3	3,3 ± 0,7
Tuamotu	17 ± 4	22 ± 3	32 ± 4	21 ± 2	3,7 ± 2,2
Gambier	1,5 ± 1,5	21 ± 3	22 ± 3	18 ± 4	6,3 ± 1,1
Moyenne	14	22	30	24	7

Fig. 2. — Distribution du ⁹⁰Sr en fonction de l'âge et de l'origine géographique. (en mBq/g Ca).

Bien que les effectifs des différents groupes soient inégaux — ce qui entraîne des résultats de valeurs statistiques différentes — nous avons effectué une moyenne brute (non pondérée) pour chaque classe d'âge. Nous n'avons éliminé de ces moyennes que le groupe (Gambier, moins de 10 ans) dont le résultat est par trop incertain.

Comme certains groupes présentent un effectif relativement important, nous pouvons avoir une indication de la variabilité dans l'échantillonnage (tableau II).

TABLEAU II
Variabilité dans les groupes à fort effectif.

Groupe	Valeur en mBq/g Ca par lot analysé	Précision en %
Iles du Vent, moins de 10 ans	21	13
	16	14
	10	17
	14	15
	16	14
	20	13
Iles du Vent, 11 à 20 ans	21	13
	21	13
	11	15
	27	12
	20	13
	27	13
	23	13
	25	13
	23	13
Iles Sous-le-Vent moins de 10 ans	14	14
	15	14
	5,2	20
	9,6	17
	3,0	22
	14	14

DISCUSSION

1. La cohérence de notre échantillonnage n'est pas exempte de critiques: les groupes présentent parfois un effectif trop réduit; les dents elles-mêmes ne sont pas identifiées: canines, molaires, etc. se mêlent dans nos analyses, alors que Glowiak [3] montre qu'un facteur 3 existe entre incisives et molaires. Les groupes (0-10 ans) ne sont, sans doute, pas homogènes car le métabolisme du calcium varie de façon sensible dans les premières années de la vie.

2. Bien que la variabilité constatée dans les groupes à fort effectif soit grande, ce qui laisse supposer qu'elle pourrait aussi l'être dans les autres groupes, on constate qu'en moyenne le groupe d'âge égal ou supérieur à

41 ans (personnes nées en 1945 ou avant) présente la teneur en ^{90}Sr la plus faible. *A contrario*, les teneurs les plus élevées se rencontrent dans les dents des personnes nées dans les années 56-65. Ce résultat est assez cohérent avec le dépôt de ^{90}Sr dans l'hémisphère Sud (fig. 3) et par conséquent avec la teneur en ^{90}Sr du lait de Nouvelle-Zélande (fig. 4) [5-7].

Fig. 3. — Dépôt annuel de ^{90}Sr dans l'hémisphère Sud (en PBq).

Fig. 4. — Teneurs annuelles en ^{90}Sr du lait de Nouvelle-Zélande (en mBq/g Ca) [4, 5].

3. Nos résultats peuvent se comparer à ceux relevés dans la littérature mondiale.

En Roumanie, Racoveanu [8] trouve une moyenne de 56 ± 24 mBq/g Ca pour des enfants nés durant la période de 1960-1964, et 11 ± 3 mBq/g Ca pour les personnes nées avant 1950.

Une étude très détaillée de Glowiak [3], menée en 1975 en Basse-Silésie (Pologne), montre que les dents de lait présentent une activité de 240 mBq/g Ca tandis que les dents des personnes plus âgées (16-22 ans, 22-28 ans, 28-34 ans et au-delà de 34 ans) révèlent une activité variant de 41 à 63 mBq/g Ca.

En ce qui concerne particulièrement les dents de lait, Glowiak cite certains résultats significatifs tirés des travaux de quelques auteurs dans différentes régions: Aarkrog pour les îles Farøe en 1971, environ 370 mBq/g Ca, Rytomaa pour la Norvège en 1965, 437 mBq/g Ca et pour la Finlande en 1963, 344 mBq/g Ca.

Sur des échantillons en provenance de Bellingham (Etat de Washington, Etats-Unis d'Amérique) Neuzil E.F. [4] mesure en 1982: 24 ± 2 mBq/g Ca dans des dents prélevées sur des sujets de 0 à 10 ans, des valeurs semblables pour les groupes d'âge 11-20 ans et 21-30 ans, par contre $12,2 \pm 0,4$ mBq/g Ca, pour le groupe 31-40 ans, $1,3 \pm 0,7$ mBq/g Ca pour le groupe 41-50 ans et enfin 0 (non détectable) pour le groupe "au-delà de 50 ans".

Bien que relatives à des échantillons provenant de l'hémisphère Nord — soumis à des retombées de ^{90}Sr nettement plus importantes que l'hémisphère Sud (fig. 5) — ces valeurs sont étonnamment basses comparées aux valeurs européennes et même inférieures à nos propres valeurs pour les groupes d'âge au-delà de 21 ans.

Fig. 5. — Dépôts annuels de ^{90}Sr dans les deux hémisphères (en PBq) [3].

4. A l'instar de quelques auteurs, tels Glowiak [3] et Aakrog [1], il peut être tentant de se livrer à partir de la teneur en ^{90}Sr des dents à une interprétation dosimétrique sommaire. En admettant que le rapport $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ mesuré dans les dents est représentatif pour l'ensemble du squelette (hypothèse qui reste à valider), en considérant que les 5 kg de squelette contiennent 1 000 g de calcium et en adoptant le facteur dosimétrique de l'UNSCEAR 82 [9] soit $1,9 \mu\text{Gy}/(\text{Bq a kg}^{-1})$, on obtient pour 1986 une dose

engagée à la moelle de $11 \mu\text{Gy}$ pour le groupe de 21 à 30 ans. Si l'on considère la valeur maximale soit 44 mBq/g Ca au lieu de la valeur moyenne de 30 mBq/g Ca , la dose engagée atteint alors $17 \mu\text{Gy}$: les équivalents de dose efficace correspondants sont de l'ordre de 1,3 et $2,0 \mu\text{Sv}$ respectivement.

Ces valeurs peuvent être rapprochées de l'estimation effectuée en 1985 par le CEA et la DIRCEN [2] à partir des mesures de surveillance de l'environnement, soit $12 \mu\text{Sv}$. Bien que la comparaison soit difficile, puisque cette valeur couvre l'ensemble des radionucléides et l'ensemble des voies d'expositions pour des populations d'adultes autochtones et sédentaires ne consommant que des productions locales, elle montre, cependant, une assez bonne cohérence, la valeur de la référence [2] étant tout naturellement plus élevée.

CONCLUSION

Comme l'on pouvait s'y attendre les teneurs en ^{90}Sr des dents des Polynésiens sont — en moyenne — inférieures à celles relevées dans l'hémisphère Nord. Nos valeurs sont cependant cohérentes — qualitativement et quantitativement — avec celles de la littérature mondiale, si l'on fait exception des dents de lait européennes dont le niveau est supérieur d'un ordre de grandeur.

Si l'on voulait poursuivre ce travail pour en préciser et en développer les résultats, il y aurait lieu de procéder à un échantillonnage plus fin permettant de préciser, notamment, la distribution des valeurs dans le groupe d'âge de 0 à 10 ans.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AARKROG A. Strontium 90 in shed deciduous teeth collected in Denmark, the Faroes and Greenland from children born in 1950-1958. *Health Phys.*, 1968, 15, 105-114.
- [2] COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE. Direction des centres d'expérimentation nucléaires. Surveillance de la radioactivité en 1985. Fontenay-aux-Roses (France): Département de protection sanitaire, 1986, p. 6.
- [3] GLOWIAK B.J., PACYNA J., PALCZYNSKI R.J. Strontium 90 and cesium 137 contents in human teeth. *Environ. Pollut.*, 1977, 14, 101-111.
- [4] NEUZIL E.F., DYSART M.E. The determination of ^{90}Sr and ^{228}Ra in human teeth by age groups and in other substances. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, 1984, 35, 1113-1115.
- [5] NOUVELLE-ZELANDE. Department of health. Environmental radioactivity, annual report 1983 (NRL-F-63). Christchurch: National radiation laboratory, 1983, p. 6.
- [6] NOUVELLE-ZELANDE. Department of health. Review for the years 1981-1985 (NRL-AR-27). Christchurch: National radiation laboratory, 1986, p.29.
- [7] PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE). COMMISSION DU PACIFIQUE SUD (CPS). La radioactivité dans le Pacifique sud (Rapport et études des mers régionales n° 40). Genève: PNUE, 1984, p. 87.
- [8] RACOVEANU N., WEISSBUCH H., BOTEZATU E. La teneur en ^{90}Sr des dents et des os humains en Roumanie. In: Société française de radioprotection (SFRP). Contamination par radionucléides ostéotropes et radioprotection, 5. congrès international, Grenoble, 1-5 février 1971. SI: SFRP, 1971, 110-117.
- [9] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). Ionizing radiation: sources and biological effects. New York: Nations Unies, 1982, p. 218.