

La radioactivité des denrées alimentaires

Autor(en): **Miserez, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **71 (1980)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-983527>

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.

La radioactivité des denrées alimentaires

A. Miserez, Berne*

Introduction

Avant d'aborder le sujet de la communication faite lors du symposium mentionné en marge, un très bref aperçu du développement des problèmes posés par l'irradiation des personnes dans notre pays nous paraît utile.

En Suisse, les premières directives officielles concernant la protection contre les radiations ionisantes ont été élaborées dans les années 1953/55. Le Service fédéral de l'hygiène publique (SFHP), nommé organe coordinateur, les publia dans le supplément B du bulletin du SFHP** du 17 septembre 1955 (1). Le premier rapport de la Commission fédérale de la radioactivité de l'air et des eaux a été publié dans le supplément B du Bulletin précité, le 5 octobre 1957 (2). C'est à fin 1956 qu'ont débuté, à la section du contrôle des denrées alimentaires du SFHP, les recherches et travaux pratiques sur la radioactivité des denrées alimentaires. La première publication relatant les débuts de cette étude a paru dans les «Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène» en 1957 (3). Ces recherches ont été entreprises sur l'initiative du Professeur O. Högl, alors chef du contrôle des denrées alimentaires au SFHP; elles étaient motivées par les essais nucléaires effectués alors dans l'atmosphère par trois pays: USA, URSS, UK. Véhiculés par les vents, les débris radioactifs de ces explosions nucléaires se trouvèrent dispersés dans l'eau de pluie, le sol, la végétation, les denrées alimentaires, atteignant finalement l'homme et les animaux.

Les autorités devaient être en mesure de renseigner clairement la population sur les dangers que pouvaient présenter cette contamination (à l'échelle mondiale) de notre environnement. Notre tâche s'est toujours principalement limité à la surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires. La Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRDA)*** pris ainsi naissance et dès 1962 un rapport a été publié dans les «Travaux» (4—6) chaque année.

* Il s'agit ici d'une communication (avec introduction ultérieure) faite lors du 4ème symposium de l'Association suisse pour la recherche sur l'environnement. Voir «Actes de la Société helvétique des sciences naturelles, partie scientifique» (1977).

** Actuellement: Office fédéral de la santé publique (OFSP).

*** Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (ARL).

Radioactivité naturelle et radiocontamination des denrées alimentaires

Après ce rappel très succinct de l'évolution du contrôle dans notre pays, passons au sujet proprement dit de notre exposé, soit, la mise en parallèle de la radioactivité naturelle des denrées alimentaires et celle résultant d'une contamination par des radionucléides d'origine artificielle.

D'emblée, relevons que les denrées alimentaires jouent un rôle déterminant dans l'irradiation interne de l'organisme humain. Comme véhicule, elles introduisent dans notre organisme des éléments radioactifs naturels tels que ^{40}K , ^{14}C , ^{226}Ra et divers radionucléides artificiels (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{14}C , ^{131}I , ^{144}Ce , entre autres).

La dose d'irradiation interne résultant de cette incorporation représente dans nos régions 20 à 30% de la dose d'irradiation totale (interne et externe) environ égale en Suisse en moyenne à 130 mrem/an. Seuls 5 à 10% de la dose d'irradiation interne (1 à 3% de la dose d'irradiation totale) proviennent actuellement d'éléments radioactifs artificiels (^{90}Sr , ^{137}Cs), alors que les éléments radioactifs naturels incorporés par voie de nutrition (source naturelle) représentent le 90 à 95% de la dose d'irradiation interne.

Donc, de tout temps les denrées alimentaires ont apporté à l'organisme humain des éléments radioactifs ou radionucléides d'origine naturelle. Depuis que l'homme a libéré l'énergie nucléaire et en fait usage, d'autres radionucléides, ceux-ci d'origine artificielle, sont venus s'ajouter à eux. Les premiers constituent une source d'irradiation interne de l'organisme humain non négligeable, soit approximativement 30 mrem/an (16).

Il est important de distinguer entre l'irradiation interne d'origine naturelle qui demeure pratiquement constante dans le temps et l'irradiation interne résultant de l'incorporation de radionucléides artificiels présents dans les denrées alimentaires en quantités variant avec le degré de contamination et le temps.

Radionucléides naturels

Les principaux éléments radioactifs naturels parvenant dans notre organisme par voie de nutrition sont:

- le potassium-40 (^{40}K) d'origine tellurique
- le radium-226 (^{226}Ra) et d'autres éléments des séries uranium/thorium, également d'origine tellurique
- le carbone-14 (^{14}C) et
- le tritium (^3H) tous deux d'origine cosmique.

Le débit de dose des principaux radionucléides d'origine naturelle, incorporés par voie de nutrition, s'établit en moyenne comme suit:

	mrem/an	teneur du corps humain (nCi)
potassium-40	20	100
carbone-14	1—2	90
radium-226 (ostéocytes)	10	0,04—0,4
tritium	$2 \cdot 10^{-3}$	0,1

Potassium-40

Parmi ces nucléides, le potassium-40 constitue la principale source d'irradiation interne permanente de l'homme. L'organisme humain (homme standard) contient en effet 140 g de potassium, assez uniformément répartis dans les organes, notamment dans les muscles, et correspondant à 100 000 pCi ^{40}K . Le débit de dose moyen en résultant pour l'organisme entier est d'environ 20 mrem/an, comme indiqué ci-dessus.

La teneur en potassium-40 (0,012% du potassium naturel), des denrées alimentaires par contre diffère passablement de l'une à l'autre d'entre elles:

— sucre et huile raffinés	0 pCi
— lait de vache	1 300 pCi/l
— lait maternel	400 pCi/l
— café en grain	16 000 pCi/kg

La radioactivité- β naturelle des denrées alimentaires dépend en tout premier lieu de leur teneur en potassium. Celle du lait de vache, par exemple, en moyenne de 1300 pCi ^{40}K /l, correspond à une teneur en potassium de 1,7 g/l. Elle varie de 1 000 à 1 500 pCi/l pour des teneurs en potassium allant de 1,3 à 2,0 g/l. Il est intéressant de relever en passant que le lait maternel contient environ 4 fois moins de ^{40}K que le lait de vache.

L'apport journalier en potassium est donc assez différent selon les habitudes alimentaires, il est estimé en moyenne à 3,5 g/jour, soit 2 600 pCi ^{40}K /jour. Le potassium-40 se renouvelle constamment, sans accumulation persistante nulle part dans notre organisme. La teneur totale en potassium de l'homme adulte varie quelque peu avec l'âge et le sexe.

Les quantités relatives de potassium-40 ingérées par voie de nutrition évaluées pour une ration alimentaire courante, sont les suivantes:

— lait de vache et produits laitiers	25%
— pommes de terre, légumes	35%
— fruits	13%
— céréales, farine	9%
— viande, poisson, œufs	12%
— légumineuses, divers	6%

Radium-226

Le radium-226, premier élément radioactif découvert et isolé en même que le polonium par Pierre et Marie Curie en 1898, nous apprend le danger que peut présenter la radioactivité pour l'homme. Le radium-226 appartient à la série de l'uranium-238 assez répandu dans la nature. Il se retrouve dans les denrées alimentaires en quantités variables, mais généralement faibles et ne présentant aucun danger. La teneur de l'eau potable ordinaire, par exemple, oscille entre 0,02 et 1 pCi ^{226}Ra /l. Font exception certaines eaux minérales, dont la teneur peut approcher 1 nCi/l. Les noix du Brésil sont une autre exception; leur teneur en radium-226 atteint, voire dépasse 500 pCi/kg.

Contrairement au potassium, le radium n'a pas de signification biologique. C'est un contaminant proprement dit, d'origine naturelle. Il se localise et s'accumule dans les tissus osseux, où le débit de dose d'irradiation se situe vers 10 mrem/an (ostéocytes). Chez l'adulte l'ingestion de radium-226 par voie alimentaire est d'environ 0,5 à 3 pCi ²²⁶Ra/jour, dont 10% sont attribués à l'eau de boisson. Les nouveaux-nés, selon des données publiées par les Nations Unies (7), absorberaient 0,6 pCi ²²⁶Ra/jour durant leur première année de vie, dont 30% par le lait (0,5 l d'une teneur égale à 0,40 pCi/l = 0,16 pCi) et 50% par les céréales (20 g d'une teneur égale à 14 pCi/kg = 0,3 pCi) (voir aussi tableaux 1 et 2).

Tableau 1. Teneur en radioéléments de certaines denrées alimentaires (en pCi/kg)

Aliments	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹⁴ C	⁹⁰ Sr ¹
Céréales	5—70	600—3500	2800	1—50
Fruits et légumes	0,3—3,0	300—4000	350	1—40
Lait	0,2—0,5	1000—1500	500	6—60
Eau	0,02—1	0—10*	—	0,1—1

¹ FAO Collection énergie atomique, cahier 5, p. 25, Rome 1964 (8).

* Eau de mer: jusqu'à 300 pCi/l.

Tableau 2. Concentrations naturelles du radium dans l'eau*

	pCi/litre
Cours d'eau aux Etats-Unis, moyenne	0,7
Eau d'alimentation du réseau public	
Suède (eau potable)	0,2—1,0
Etats-Unis d'Amérique (eau potable, moyenne)	0,04
Etats-Unis d'Amérique (eau potable, maximum)	7,0
URSS (eau douce, moyenne)	1,0
Autriche, Bad Gastein (eau potable)	0,6
Allemagne, Francfort s/Main (eau potable)	0,17—0,31

* FAO Collection énergie atomique No. 5, p. 50, Rome 1964 (8).

Carbone 14

En tant que source d'irradiation interne naturelle, le carbone-14 occupe une place non négligeable.

Le carbone et son isotope radioactif, le carbone-14, entrent dans la constitution des molécules des éléments nutritifs tels les sucres, les protéines et les graisses au même titre l'un que l'autre mais dans une proportion différente. Le carbone-14 se forme également dans les réactions thermonucléaires. Avant l'apparition de ces

dernières, la biosphère le contenait à la concentration d'environ 7 pCi ^{14}C /g carbone. L'emploi des combustibles fossiles en diminue la concentration dans l'atmosphère, les explosions thermonucléaires l'ont augmentée.

L'incorporation journalière de carbone-14 par voie de nutrition chez l'adulte est d'environ 2 310 pCi ^{14}C /jour, pour 330 g de carbone apportant 3 250 calories à l'organisme. Cette quantité correspond à un débit de dose de 0,66 mrem/an, rapporté à l'organisme entier (voir tableau 3). Selon les données ICRP (9), l'homme standard de 70 kg contient 12,6 kg de carbone soit sur la base des données précitées 88 200 pCi ^{14}C , ce qui correspond à un débit de dose égal à 1,1 mrem/an, rapporté à l'organisme entier, ou à 1,5 mrem/an rapporté au tissu adipeux.

Le carbone-14 n'étant plus de nos jours exclusivement d'origine naturelle, la teneur actuelle de l'atmosphère peut augmenter ou diminuer, selon que le carbone-14 libéré par la production d'énergie nucléaire prédomine ou non, en quantité, celui des combustibles fossiles (pétrole, charbon).

Tableau 3. Apport journalier en carbone et débits de dose correspondants

Constituants	g/jour	g carbone/jour	pCi ^{14}C /jour	mrem/an
Protéines	95 (70)	49 (36)	340 (250)	0,10
Hydrate de carbones (glucides)	425 (400)	187 (176)	1310 (1230)	0,37
Graisses, huiles	123 (55)	94 (42)	660 (290)	0,19
Total	643 (525)	330 (254) ¹	2310 ² (1770) ¹	0,66
Calories	3250 (2500) ¹	— —	— —	—

Teneurs moyennes en % des éléments constituants:

Protéines	52% C	7% H ₂	22% O ₂	16% N ₂	1% S
Hydrate de carbones (C ₆ H ₁₀ O ₅) _x	44% C	6% H ₂	50% O ₂		
Graisses	77% C	12% H ₂	11% O ₂		

¹ Entre parenthèses: régime alimentaire moins riche en calories (en graisses et huiles surtout).

² 1 g carbone = 7 pCi de carbone-14 (7).

Tritium

Comme le carbone-14, le tritium était à l'origine uniquement d'origine cosmique. Depuis l'utilisation de l'énergie nucléaire, il est également produit artificiellement en quantité considérable. Toutefois, en raison de sa période relativement courte (12,3 ans) il ne s'accumule pas dans l'environnement comme le carbone-14 dont la période est de 5 570 ans. La dose d'irradiation interne résultant de son incorporation par l'alimentation est négligeable. Elle voisine 20 $\mu\text{rem}/\text{an}$, soit 1/1 000ème seulement de la dose due au potassium-40 incorporé.

D'autres éléments radioactifs naturels, plus au moins abondants dans la croûte terrestre, tels que ^{87}Rb , ^{138}La , ^{147}Sm , ne contribuent pas de manière appréciable à l'irradiation interne de l'organisme humain. Le rubidium-87, par exemple, bien que son activité spécifique soit élevée (25 000 pCi/g) comparée à celle du potassium-40 (760 pCi/g), a un débit de dose (irradiation interne) 100 fois plus faible. La dose attribuable au ^7Be est également très faible.

Contamination radioactive

La première contamination massive de l'environnement, principalement de l'atmosphère, par des radionucléides artificiels remontent au 16 juillet 1945. Elle fut provoquée par l'exposition, à Los Alamos, de la première bombe atomique expérimentale.

Ainsi, plus de 200 éléments radioactifs nouveaux se trouvèrent répandus dans l'atmosphère. Les essais nucléaires allèrent en augmentant de 1952 à fin 1962, où un moratoire devait éviter la poursuite des essais d'explosifs nucléaires dans l'atmosphère. Le dernier a été effectué en Chine (Lop-Nor) en 1977¹. La puissance des essais nucléaires effectués dans l'atmosphère jusqu'à fin 1962 (URSS, USA, UK) est évaluée à 170 mégatonnes équivalents TNT (trinitrotoluène)*, dont 90 mégatonnes de fission (10). Les essais subséquents (France, Chine) ne représentent qu'une faible fraction de ces essais.

Les produits de fission et autres éléments radioactifs (radionucléides) résultant de ces explosions sont nombreux comme déjà relevé. Quelques-uns, toutefois, ont une importance particulière, ce sont ceux qui passent facilement dans les denrées alimentaires. Il s'agit des radionucléides suivants:

— strontium-90 (persiste)	}	fission
— iode-131		
— césium-137 (persiste)		
— tritium	}	fusion
— carbone-14 (persiste)		

Ces 5 éléments (H, C, Sr, I, Cs) sont présents, radioactifs ou non, dans les denrées alimentaires. Le carbone et l'hydrogène sont des éléments indispensables à toute forme de vie. Les autres éléments (strontium, iode et césium) se trouvent à l'état de traces dans les denrées alimentaires et le corps humain. Avant les essais nucléaires ils n'existaient qu'à l'état non radioactif; depuis l'ère atomique on les rencontre dans la nature également sous forme radioactive (^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs).

¹ Il y a eu encore 2 essais en 1978 et 1 en 1980 (le 16 octobre).

* 1 mégatonne équivalent TNT produit environ 0,1 mégacurie de ^{90}Sr et 0,2 mégacurie de ^{137}Cs (10).

Strontium-90

On retrouve dans le lait, en chiffre rond, 1% de la quantité de ⁹⁰Sr ingérée quotidiennement avec le fourrage par la vache (7). Pour une vache fournissant 10 litres de lait par jour, 1 litre de lait contiendra 0,1% de la quantité de strontium-90 que le fourrage lui apporte chaque jour. On retrouve dans le lait maternel aussi 1% du strontium-90 ingéré avec la nourriture par jour.

Parmi les denrées alimentaires, le lait occupe une place particulière non seulement par l'importance qu'il a dans notre alimentation, mais aussi comme aliment témoin pour apprécier le niveau de la contamination radioactive globale des aliments produits et consommés dans nos régions (11).

Le lait, toutefois, n'est pas la denrée alimentaire la plus fortement exposée à la contamination radioactive. Directement, les légumes et spécialement les légumes à feuilles (épinards, salade) le sont davantage.

Les quantités de strontium-90 présentes dans diverses catégories d'aliments et dans les rations alimentaires sont indiquées dans les tableaux 4 et 5 (Autriche 1973, adultes et enfants) en regard des quantités de césium-137 et des quantités ingérées par jour. Les valeurs indiquées dans ces 2 tableaux étaient également valables pour la Suisse en 1973. Elles n'ont guère changé depuis, ayant plutôt diminué. L'apport dû au lait est prédominant (46%) dans ce régime type.

La proportion de strontium-90, présent dans la ration alimentaire, qui est assimilé par l'organisme et accumulée dans les os, varie avec l'âge et les habitudes alimentaires. Chez les adultes elle est d'environ 2 à 3%. Pour le calcul de la dose d'irradiation interne de différentes années (tableau 6) nous avons admis le facteur 0,025 soit 2,5% (12).

Tableau 4. Quantité de ⁹⁰Sr et de ¹³⁷Cs ingérée par les adultes (Autriche 1973) (13)¹

Denrées alimentaires	Quantité ingérée par jour kg/j	⁹⁰ Sr			¹³⁷ Cs			Rapport ⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ CS
		pCi/kg	pCi/j	%	pCi/kg	pCi/j	%	
Lait	0,50	14	7	46	14	7	28	1,0
Fromage	0,016	150	2,4	16	25	0,4	1,7	6,0
Céréales (pain)	0,40	5,5	2,2	15	10	4	17	0,6
Pommes de terre	0,16	5,0	0,8	5,6	16	2,6	11	0,3
Légumes	0,11	19	2,1	14	11	1,2	5,3	1,7
Fruits	0,19	1,6	0,3	2,1	8,4	1,6	7	0,2
Viande, œufs, poisson et autres	0,14	1,4	0,2	1,3	50	7	30	0,03
Total	1,52	—	15,0	—	—	23,8	—	—

¹ Ces valeurs sont très voisines de celles que nous avons estimées pour notre pays.

Tableau 5. Quantité de ^{90}Sr et de ^{137}Cs ingérée par les enfants (Autriche 1937) (13)

Denrée alimentaire	1er année 2me année g/j	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
		pCi/kg	pCi/kg	pCi/j	pCi/j	%	%
Lait, produits laitiers	550	10—15	7—16	5—8	4—9	69—78	82—92
	600			6—9	4—10		
Bouillies de céréales	27	10	17	0,3	0,4	3	5—10
	50			0,5	0,9		
Sucre	38	0	0	0	0	0	0
	50			0	0		
Epinards	55	38	4,6	2,1	0,25	19—27	2—6
	220			8,4	1,0		
Pommes	11	1,6	7,7	0,02	0,8	0,2	2
	16			0,03	0,12		
Beurre	3	0	0	0	0	0	0
	16			0	0		
Viande	0	0	0	0	0	0	0
	20			0,03	1,0		
Totale 1er 2ème année	682	—	—	8—10	4,5—10	—	—
	974			15—18	7—13		

Césium-137

Biologiquement, le césium-137 se comporte comme le potassium. Il se trouve donc en constant état de renouvellement. Il n'y a pas, comme c'est le cas pour le strontium-90, d'accumulation (enrichissement) dans un organe particulier; toutefois, les teneurs varient selon l'organe considéré. On retrouve dans le lait 13% de la quantité ingérée quotidiennement avec le fourrage, soit 1,3% dans 1 litre de lait (7). Il passe donc environ 10 fois plus de césium-137 que de strontium-90 du fourrage dans le lait. Par contre, il en passe environ 10 fois moins du sol dans le fourrage ou dans les végétaux (légumes). La teneur de la viande est la plus élevée parmi les denrées. Les quantités de césium-137 estimées avoir été ingérées par les adultes de 1961 à 1967 sont indiquées dans le tableau 7, avec les doses d'irradiation de l'organisme entier correspondantes.

Iode-131

De tous les radionucléides artificiels pris en considération dans cet article, l'iode-131 a la période la plus courte (8 jours). Il disparaît donc rapidement, son action est de courte durée. Par contre, il passe comme le césium en forte proportion du fourrage dans le lait, soit 10% de la quantité prise avec le fourrage (1% par litre de lait). En outre, son action (irradiation) est fortement concentrée dans la glande thyroïde. L'iode-131 est, parmi les produits de fission, celui que l'on

Tableau 6. Quantité de ⁹⁰Sr ingérée par les adultes

	1958 ¹	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1973	1976	
Suisse (région du plateau)	14 21	11 16	16 24	36 54	45 67	33 49	23 34	16 24	8 12	6 9	pCi/l lait pCi/jour ²
Dose d'irradiation des os mrem/an	72 2,6	55 1,9	82 2,9	184 6,6	229 8,2	167 5,6	116 4,2	82 2,9	41 1,5	31 1,1	après 50 ans ³ après 1 an

¹ 1955: 2 pCi/j; 1956: 12 pCi/j (valeurs isolées).

² Quantités ingérées par jour estimées à partir de la teneur en ⁹⁰Sr du lait multipliée par 1,5 (7, 11). Selon le tableau 4 (Autriche 1973) le facteur serait 1,1.

³ Après ingestion quotidienne durant 50 ans des quantités indiquées par jour (équilibre 86%). La dose a continué de diminuer quelque peu depuis 1976.

Table 7. Quantité de ¹³⁷Cs ingérée par les adultes

	1958	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1973	1976	
Suisse	— —	16 32	83 166	179 358	126 252	56 112	21 42	16 32	8 16	≤ 8 ≤ 16	pCi/l lait* pCi/jour ¹
Dose d'irradiation, organisme entier	—	0,36	1,9	4,1	2,9	1,3	0,48	0,36	0,18	≤ 0,18	mrem/an ²

¹ Quantités estimées à partir de la teneur du lait multipliée par 2,0. Selon les valeurs correspondantes du tableau 4, le facteur serait 1,7.

² Après ingestion quotidienne durant 1 an (équilibre 100%) des quantités indiquées par jour. La dose a encore plutôt diminué depuis 1976.

* Ces données nous ont été communiquées par le Dr. J. Halter, Fribourg, auquel nous adressons nos remerciements.

retrouve le plus facilement dans les végétaux et le lait. Très volatil comparative-ment au césium et encore davantage relativement au strontium, il peut s'échapper facilement des centrales nucléaires lors des recharges en combustible. L'accident du réacteur à ciel ouvert de Windscale (7, 15) a permis d'établir que la contribution du lait à l'irradiation interne par l'iode-131 est des plus élevée.

Autres radionucléides d'origine artificielle

Les données concernant la modification des teneurs en carbone-14 et en tritium des denrées alimentaires sont, à notre connaissance, malheureusement très fragmentaires. Selon une estimation publiée en 1962 (7) la teneur en carbone-14 de la biosphère avait augmenté à fin 1960 de 30% (conséquence des essais nucléaires)*. La teneur en plutonium-239 des denrées alimentaires nous est mal connue. C'est une lacune à combler. Selon les données actuelles, sa rétention par l'organisme humain (os) serait très faible.

Irradiation interne d'origine artificielle

L'irradiation interne d'origine artificielle provient, aujourd'hui encore, en pratique exclusivement des débris radioactifs répandus dans l'atmosphère lors des essais nucléaires effectués de 1952 à 1962 (170 mégatonnes). Les doses d'irradiation interne des adultes, résultant de l'incorporation de ^{90}Sr et de ^{137}Cs au cours des années 1958—1976, sont indiquées dans les tableaux 6 et 7 en dessous des quantités absorbées par jour avec les aliments. En ce qui concerne les évaluations faites pour notre pays elles sont essentiellement basées sur les teneurs correspondantes du lait en ^{90}Sr et en ^{137}Cs . La comparaison des facteurs de corrélation utilisés pour notre pays (les facteurs de corrélation utilisés par nous pour notre pays sont: 1,5 pour le strontium-90 et 2,0 pour le césium-137) avec ceux calculés pour d'autres pays laisse apparaître une correspondance satisfaisante.

On constate, par comparaison des tableaux 6 et 7, que la quantité de strontium-90 ingérée est environ 1,5 à 2 fois plus faible que celle de césium-137. La dose d'irradiation interne calculée pour les organes critiques à l'équilibre est, par contre, jusqu'à 170 fois plus élevée pour le strontium-90 que pour le césium-137.

Conclusions

Des éléments radioactifs, aussi bien d'origine naturelle qu'artificielle (résultants des activités humaines), sont apportés à l'organisme humain par les denrées alimentaires. L'activité des éléments d'origine naturelle est de loin la plus impor-

* Une surveillance accrue de la teneur en ^{14}C (air, végétaux) a été entreprise dans notre pays depuis 1978.

tante. Toutefois, des débris radioactifs répandus dans l'environnement (atmosphère) par les essais d'armes nucléaires effectués principalement de 1952 à 1962 et sont retrouvés aujourd'hui encore dans les denrées alimentaires. Il s'agit des trois éléments les plus persistants suivants:

- Strontium-90, dont le métabolisme est semblable à celui du calcium. Comme le radium-226 il s'accumule dans les os.
- Césium-137, dont le métabolisme est identique à celui du potassium naturel. Il est assez uniformément réparti dans l'organisme humain. Il ne s'y accumule nulle part.
- Carbone-14, qui ne se différencie en rien du carbone-14 d'origine cosmique, et dont la persistance est très grande (plusieurs milliers d'années). A cet égard, le danger qu'il pourrait présenter pour les générations futures est le plus grand. Des données sur l'augmentation du carbone-14 dans la biosphère, résultant des essais nucléaires passés et des centrales nucléaires, existent. Il semble que l'augmentation est demeurée acceptable.

Si l'on considère plus spécialement les deux autres éléments radioactifs artificiels les plus persistants, soit le strontium-90 et le césium-137, la dose d'irradiation interne supplémentaire résultant de leur incorporation par voie alimentaire* peut être évaluée à partir de la teneur du lait, comme indiqué dans le tableau 8.

Tableau 8. Irradiation d'origine artificielle (1977)**

Radionucléide	Teneur du lait	Ingestion quotidienne par voie de nutrition	Dose d'irradiation interne
⁹⁰ Sr	6 pCi/l	9 pCi	1,1 mrem/an (os)
¹³⁷ Cs	≤ 8 pCi/l	≤ 16 pCi	≤ 0,18 mrem/an (organisme entier)

Comparée à la dose d'irradiation interne d'origine naturelle (⁴⁰K, ²²⁶Ra, ¹⁴C) la dose supplémentaire d'origine artificielle représente le 5 à 10%; elle est due principalement au strontium-90 résiduel (essais nucléaires). Au cours des prochaines années cette dose supplémentaire devrait demeurer assez stable si la contamination de l'environnement n'a pas de recrudescence.

Quant aux centrales nucléaires (179 centrales en fonctionnement dans le monde en 1977) les très grandes mesures de sécurité prises et ordonnées devraient mettre l'homme à l'abri de tous risques inacceptables. Il importe cependant qu'une attention particulière soit vouée à la surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires notamment. Un élargissement des contrôles effectués jusqu'ici est motivé par le nombre d'inconnus qui demeurent dans ce domaine. Il est indispensable.

* Cette voie constitue le 95% des quantités incorporées.

** Cette dose d'irradiation est pratiquement la même en 1980 (faible diminution).

Résumé

Cette communication a été faite lors d'un symposium de l'Association suisse pour la recherche sur l'environnement (SAGUF). Quelques aspects de la radioactivité d'origine naturelle et d'origine artificielle des denrées alimentaires sont exposés.

Conscient des très nombreux inconnus qui demeurent dans ce domaine, l'auteur ne tire pas de conclusions pour l'avenir. Par contre, il estime que les recherches et études relatives à la radioactivité des denrées alimentaires devraient être élargies.

Zusammenfassung

Dieses Referat wurde anlässlich eines Symposiums der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung (SAGUF) gehalten. Einige Aspekte der natürlichen und künstlichen Radioaktivität der Lebensmittel werden zusammengefaßt.

Sich der vielen Unbekannten und offenen Fragen bewußt, die auf diesem Gebiet noch vorhanden sind, zieht der Autor keine Schlußfolgerungen für die Zukunft. Dagegen ist er der Ansicht, daß die Forschung und die Untersuchungen auf dem Gebiet der Radioaktivität der Lebensmittel neu verstärkt werden sollten.

Summary

The article deals with a paper read at a symposium organised by the Swiss Association of Environmental Research. Some aspects of natural and artificial radioactivity of food are discussed.

Conscious of the many unknowns which still exist in this domain, the author does not draw conclusions for the future. On the other hand, he thinks that research and studies in the field of the radioactivity of food should be intensified.

Bibliographie

1. *Service fédéral de l'hygiène publique*: Directives pour la protection contre les radiations ionisantes. Bull. Serv. féd. hyg. publ., suppl. B, 3 (1955) en allemand et suppl. B, 4 (1956) en français.
2. *Service fédéral de l'hygiène publique*: 1er Rapport de la Commission fédérale de la radioactivité de l'air et des eaux, Bull. Serv. féd. hyg. publ., suppl. B 8 (1957). Les rapports suivants ont continué d'être publiés dans le suppl. B. du Bull. Serv. féd. hyg. publ. Le 17ème rapport, suppl. B no 2, 21 septembre 1974; le 21ème rapport suppl. 7 du 25 novembre 1978.
3. Miserez, A.: Le strontium-90, son identification et son dosage spécialement dans le lait. *Trav. chim. aliment. hyg.* **48**, 468—477 (1957).
4. Miserez, A.: Radioactivité des denrées alimentaires en 1962. Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires. *Trav. chim. aliment. hyg.* **54**, 408—431 (1963).
5. Miserez, A.: Radioactivité des denrées alimentaires en 1963. Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires. *Trav. chim. aliment. hyg.* **55**, 341—349 (1964).

6. *Miserez, A.*: Radioactivité des denrées alimentaires en 1967. Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires. *Trav. chim. aliment. hyg.* **59**, 156—192 (1968).
7. *ONU*: Rapport du comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des radiations ionisantes. Documents officiels: dix-septième session. New York, Nations Unies, suppl. 16, A/5216, 1962.
8. *FAO*: Aspects de la contamination radioactive normal et accidentelle dans le cadre de l'agriculture et de la santé publique. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO Collection Energie Atomique, Cahier No 5, 1964.
9. *ICRP*, Commission internationale de protection radiologique: Rapport du Comité I sur la dose admissible en cas d'irradiation interne. Paris, Gauthier-Villars Editeurs, CIPR Publication 2 (1959), 1963.
10. *Fowler, E. B.*: Radioactive fallout; soils plants, foods, man p. 5. Amsterdam, Elsevier Publishing Company 1965.
11. *Miserez, A.*: Radioactivité des denrées alimentaires en 1964, Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires. Conclusions p. 394. *Trav. chim. aliment. hyg.* **56**, 386—421 (1965).
12. *ICRP*, *International Commission on Radiological Protection*: Recommendation of the International Commission. Oxford, Pergamon Press, ICRP Publication 6, 1964.
13. *Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz*: Radioaktivitätsmessungen in Oesterreich, 11.—15. Jahresbericht, 1970—1974. Wien, 1975.
14. *Agricultural Research Council*: Radiological Laboratory. Annual report 1964—1967. London, Her Majesty's Stationery Office, ARCRL 14, 16—18 (1965—1968).
15. *Atomic Energy Office*: Accident at Windscale, No 1 Pile, on 10th October 1957. Presented to Parliament by the Prime Minister by command of Her Majesty, Novembre 1957. London, Her Majesty's Stationery Office, Cmd. 302, 1957.
16. Manuel suisse des denrées alimentaires, p. 466. Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne 1969.

Dr A. Miserez
 Office fédéral de la santé publique
 Division du contrôle des denrées
 alimentaires
 Case postale 2644
 CH-3001 Berne