

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 5 (1961)

Rubrik: 5e rapport de la Commission fédérale de la radioactivité à l'intention du Conseil fédéral

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

TABELLE 14

Maximal zulässige Konzentration von
Spaltproduktgemischen
Erläuterung siehe Text Seite 14/15

TABLEAU 14

Concentrations maximum admissibles des
mélanges de produits de fission
Explication voir texte, page 57

Nuklid Nuclide	Max. zulässige Konzentration Concentration max. admissible		Aktivitätsanteile in Spaltproduktgemischen Pourcentages d'activité dans les mélanges de produits de fission								
			Alter 10 Tage Age 10 jours			Alter 135 Tage Age 135 jours			Alter 365 Tage Age 365 jours		
	Luft air pC/m ³	Wasser eau pC/l	Häufig- keit fréq. %	Luft air %	Wasser eau %	Häufig- keit fréq. %	Luft air %	Wasser eau %	Häufig- keit fréq. %	Luft air %	Wasser eau %
Sr ⁸⁹	300	3 000	3,5	1,17	1,2	10,1	3,37	3,4	2,4	0,8	0,8
Sr ⁹⁰	3	30	0,025	0,83	0,8	0,35	11,7	11,7	1,8	60	60
Y ⁹⁰	10 ³	7 000	0,025	—	—	0,35	0,04	0,1	1,8	0,2	0,3
Y ⁹¹	300	10 000	4,2	1,4	0,4	13,7	4,57	1,4	4,1	1,4	0,4
Zr ⁹⁵	300	20 000	4	1,33	0,2	15,4	5,13	0,8	6,6	2,2	0,3
Nb ⁹⁵	10 ³	30 000	0,67	0,07	—	23,2	2,32	0,8	13,7	1,4	0,5
Mo ⁹⁹	2 · 10 ³	13 000	8,1	0,40	—	—	—	—	—	—	—
Ru ¹⁰³	10 ³	30 000	3,62	0,36	0,1	8,4	0,84	0,3	0,5	0,1	—
Ru-Rh ¹⁰⁶	70	3 000	0,047	0,07	—	0,52	0,74	0,2	1,7	2,4	0,6
I ¹³¹	100	700	6,4	6,4	9,1	—	—	—	—	—	—
Te ¹³¹	2000	13 000	7,1	0,36	0,5	—	—	—	—	—	—
Xe ¹³¹	10 ⁵	—	12,3	0,01	—	—	—	—	—	—	—
Cs ¹³⁷	170	7 000	0,023	0,01	—	0,44	0,26	0,1	1,7	1	0,2
Ba ¹⁴⁰	300	7 000	13,1	4,37	1,9	0,27	0,09	—	—	—	—
La ¹⁴⁰	1700	7 000	13,9	0,82	2,0	0,32	0,02	0,1	—	—	—
Ce ¹⁴¹	1700	30 000	5,2	0,11	0,2	5,9	0,35	0,2	—	—	—
Pr ¹⁴³	2000	17 000	10,7	0,54	0,6	0,36	0,02	—	—	—	—
Ce ¹⁴⁴	70	3 000	0,9	1,29	0,3	9,4	13,43	3,1	27,1	38,7	9,0
Pr ¹⁴⁴	1700	10 000	0,9	0,05	0,1	9,4	0,55	1,0	27,1	1,6	2,7
Nd ¹⁴⁷	3000	20 000	5,4	0,18	0,3	0,05	—	—	—	—	—
Pm ¹⁴⁷	700	70 000	0,07	0,01	—	1,81	0,26	—	7,9	1,1	0,1
Summe – Somme S, %			100	19,77	17,7	100	43,66	23,2	100	110,9	74,9
Toleranz pC/m ³ bzw. pC/l Tolérance				506	5700		229	4300		92	1300

5^e rapport de la Commission fédérale de la radioactivité à l'intention du Conseil fédéral

par le professeur P. Huber, Bâle, président de la commission

Dans notre 4^e rapport, il était réjouissant de constater que l'activité de l'air, des précipitations et des eaux de surface était pratiquement tombée au niveau naturel. A la suite de la reprise des essais nucléaires par l'Union soviétique, et malgré les innombrables séances des 3 grandes puissances, USA, Angleterre et URSS réunis dans le but de renoncer aux essais et aux applications militaires des bombes atomiques, la concentration de l'activité de l'air, de la pluie et des eaux de surface a atteint de nouveau, pendant l'année de ce rapport, le niveau qu'elle avait à la fin de 1958. Les autorités et une grande partie de la population se sont alarmées de l'éclatement des bombes atomiques de gros calibres de la série des essais russes. Dans 4 communiqués à la presse, notre commission a exposé l'état de la contamination radioactive et a estimé que la situation ne présentait

pas de danger. A la fin de ce rapport nous exposerons la manière dont se forment et se propagent les retombées radioactives et nous examinerons les mesures de protection à prendre en cas de contamination radioactive par trop forte.

La commission a discuté des travaux de ses membres lors de 7 séances d'une journée chacune et a fixé la façon d'exécuter les mesures. Chaque membre est responsable d'une surveillance particulière; la distribution du travail est la suivante:

Activité bêta de l'air et des précipitations: Prof. O. Huber, Fribourg; P. Ackermann, Payerne

Spectroscopie gamma: Prof. O. Huber, Fribourg

Activité bêta des eaux de surface et des citernes: Prof. O. Jaag, Zurich

Activité en strontium-90 du sol, de l'herbe et du foin: Prof. O. Jaag, Zurich; Prof. R. Extermann, Genève

Activité alpha: Prof. P. Huber, Bâle; Prof. J. Rossel, Neuchâtel

Strontium-90 dans les os (chargé par la commission): Prof. P. Lerch, Lausanne

Le Service fédéral de l'hygiène publique, en liaison avec six laboratoires cantonaux de chimie alimentaire, se charge de surveiller la contamination radioactive des denrées alimentaires.

A part la surveillance de la radioactivité, le Conseil fédéral charge la Commission de la tâche suivante: «La commission propose au Conseil fédéral, le cas échéant, les mesures à prendre pour protéger la population.» Pendant ces dernières années, la Commission a accordé toute son attention à cette tâche qui se révèle être pour elle la plus difficile.

En date du 6 juin 1961, la Commission a proposé au Conseil fédéral la mise sur pied d'une organisation pour instruire la population en cas d'augmentation de la radioactivité. Cette proposition prévoit la création d'une centrale préparatoire et d'un comité d'alarme. La centrale joue le rôle de bureau collecteur de tous les rapports provenant du réseau de la Commission et d'autres centres de renseignements en Suisse ou à l'étranger. Le directeur technique de la centrale examine les renseignements reçus et alerte les stations de mesures. Le comité d'alarme est mis sur pied dès que la concentration de l'activité de l'air dépasse un certain niveau. Dès ce moment, le comité d'alarme prend les mesures nécessaires. Il se compose de spécialistes et c'est lui qui propose au Conseil fédéral les recommandations concernant la protection de la population. En cas d'augmentation subite et alarmante de l'activité, il a le droit de prendre immédiatement toutes les mesures nécessaires afin de réduire au minimum les dégâts qui pourraient se produire. Des équipes de mesure et des équipes auxiliaires nécessaires doivent être mises à sa disposition, afin qu'il puisse remplir cette tâche. Plus tard, la protection civile entrera en ligne de compte pour assumer cette tâche.

I. Modifications apportées au réseau des stations de mesures¹

La station de surveillance de l'air de Davos a été transférée au Weissfluhjoch au mois d'avril, parce qu'à Davos, les filtres étaient trop encrassés par la suie.

¹ Voir 3^e rapport du 6 février 1960.

Le premier dispositif d'avertissement de l'activité de l'air a pu être mis en service à Stein-Säckingen au mois de novembre. A volonté, 30 ou 60 m³ par heure d'air peuvent être aspirés au travers d'un filtre, l'activité bêta étant mesurée directement par un compteur à fenêtre en bout. L'installation est munie d'une lampe d'alarme et d'un vibreur qui avertit le personnel au moment où l'activité spécifique bêta moyenne accumulée par le filtre atteint 100 picocuries par m³ d'air en un jour. Cette valeur correspond aux prescriptions du système d'alarme de l'OECD. L'alarme doit signaler qu'une surveillance accrue s'impose, comme nous l'avons fait remarquer dans le chapitre précédent. Des dispositifs d'avertissement identiques seront installées à Locarno, Morges, Romanshorn et Saignelégier.

Les collecteurs de pluie de Bâle et de Sion qui avaient cessé de fonctionner à partir du 1^{er} janvier 1961 ont été remis en service au mois de novembre. Depuis le mois d'avril, le collecteur de pluie de Davos fonctionne de nouveau; celui du Weissfluhjoch ne sera utilisé que pour des cas spéciaux.

Les eaux usées de la Cerberus SA à Männedorf font désormais partie du réseau de contrôle.

II. Nouvelles activités de la commission

1. Radioactivité déposée sur le sol par la sédimentation des poussières

En plus des précipitations, une radioactivité est accumulée au sol par le dépôt de poussières. Dès le mois de mars 1961, en parallèle avec l'installation décrite dans le 4^e rapport, qui récolte la poussière dans un bassin rempli d'eau, des plaques de 0,1 m² de surface recouvertes de vaseline ont été disposées pour recevoir la poussière atmosphérique. A la fin d'une période de sécheresse, la couche de vaseline est enlevée et envoyée à l'Institut fédéral de recherches sur les réacteurs qui en examine l'activité.

2. Examen de l'activité du strontium-90 dans l'eau de citerne

L'activité spécifique bêta de l'eau de citerne a atteint des valeurs qui dépassèrent la concentration maximum admissible pour un mélange inconnu d'émetteurs bêta et de petits groupes de population. Dans ces conditions, il est nécessaire d'établir quels sont les nuclides radioactifs présents. Dans notre situation, le contrôle a pu être limité à l'activité du strontium-90.

3. Détermination du strontium-90 dans le sol, l'herbe et le foin

La séparation chimique du strontium a lieu selon la méthode de A. S. Goldin, R. J. Velten et G. W. Frishkorn. Pour déterminer la quantité de strontium-90, on sépare l'yttrium-90, qui se produit par désintégration bêta du strontium-90, et l'on mesure son activité, qui permet le calcul de celle du strontium-90.

Les échantillons du sol sont prélevés dans des prairies situées dans l'enceinte du réacteur de Würenlingen, au sud de Döttingen, à l'ouest de Würenlingen et entre Villigen et Rüfenach. On procède de la façon suivante: Une surface de 15 × 20 m du sol à examiner est divisée en carrés de 5 m de côté. Des échantillons du sol sont prélevés aux 20 sommets de ces carrés, au moyen d'une sonde (diamètre 11,3 cm) jusqu'à 15 cm de profondeur. Ces échantillons sont partagés en

une couche supérieure (0 à 5 cm de profondeur) et une couche inférieure (5 à 15 cm de profondeur) qui seront traitées séparément. Dans des conditions normales (faible contamination), les échantillons prélevés aux différents endroits sont mélangés et l'on détermine leur teneur globale en strontium-90.

La détermination du strontium-90 dans l'herbe a aussi été mise au point. Cette détermination fera également l'objet de mesure de routine à l'avenir.

4. Réseau de surveillance de l'Institut fédéral de recherches sur les réacteurs à Würenlingen

Les propositions de la commission concernant le réseau de surveillance de l'Institut fédéral de recherches sur les réacteurs ont été approuvées par le Délégué aux questions atomiques au mois de mai 1961 et mises en vigueur. Cet institut est tenu d'examiner à intervalles réguliers l'activité bêta des eaux résiduaires, de l'eau de l'Aar, du plancton, des poissons, des sédiments et des plantes aquatiques de l'Aar, de l'air environnant à deux endroits et de la poussière récoltée dans les trois directions principales du vent. Pour déceler l'argon radioactif on utilise des films dosimétriques en attendant de pouvoir disposer d'un détecteur d'argon-41. Une fois par an, l'activité totale bêta (après déduction de l'activité du potassium-40) et les activités du strontium-90 et du caesium-137, dans l'herbe et le foin, ainsi que l'activité du strontium-90 dans le sol seront déterminées au moyen d'échantillons prélevés dans les environs de l'institut. La commission mesure l'activité bêta spécifique totale de l'eau, du plancton, des poissons, du sédiment et des plantes aquatiques de l'Aar, des eaux souterraines des environs et du lait; elle examine aussi l'activité du strontium-90 et du caesium-137 du sol, de l'herbe, du foin et du lait. La commission a chargé le chimiste cantonal de Bâle-ville de déterminer l'activité bêta totale du lait.

5. Résidus du filtrage de l'air collectés dans la stratosphère

Le dispositif de filtrage décrit par la commission dans son 3^e rapport pour mesurer la radioactivité d'échantillons d'air collectés aux grandes altitudes, a été muni d'un mécanisme de fermeture commandé par le pilote qui permet maintenant de collecter les résidus d'altitudes ou de régions déterminées. Le dispositif a été mis en service à la fin de l'année.

6. Détermination du iode-131 dans le lait

Après l'explosion des bombes atomiques expérimentales soviétiques, le Service fédéral de l'hygiène publique a examiné la teneur en iode-131 de quelques échantillons de lait.

III. Résultats des mesures

1. Surveillance de l'air

Les valeurs moyennes mensuelles des activités spécifiques bêta totales, mesurées avec les appareils de surveillance Landis & Gyr aux cinq endroits: Davos (Weissfluhjoch-Davos à partir du 1. 5. 1961), Jungfraujoeh, Locarno, Payerne et Würenlingen, sont reproduites dans le tableau 1 et la figure 1. Jusqu'au

mois d'août les valeurs mesurées étaient du même ordre de grandeur qu'en 1960. Comme les appareils utilisés étaient réglés pour mesurer la radioactivité 48 heures après la collection des résidus, les valeurs enregistrées jusqu'au mois d'août concernent principalement l'activité bêta des radioéléments naturels de la série du thorium. A la suite de la série d'explosions atomiques soviétiques, l'activité a augmenté et tant la moyenne mensuelle que la moyenne journalière ont atteint un maximum au mois de novembre (figure 2). Ce sont les moyennes mensuelles les plus élevées qui ont été mesurées jusqu'à présent. L'activité a quelque peu décliné au mois de décembre. L'évolution des valeurs est identique pour toutes les stations, avec la différence que les valeurs sont 2 à 3 fois plus élevées pour les stations d'altitude qu'en plaine. La figure 3 montre l'évolution de l'activité spécifique bêta totale pour Payerne depuis 1956. La situation à la fin de 1961 est semblable à celle de la fin de 1958.

Le tableau 2 indique l'activité spécifique bêta totale des filtres à air de Fribourg. Comme la mesure n'est effectuée ici que 8 jours après la collection, afin que l'activité naturelle des produits de désintégration du thoron ait décliné, des valeurs considérablement plus basses que celles données par les appareils Landis & Gyr ont été mesurées au début de l'année. Une augmentation de l'activité a aussi été constatée au printemps qui provient d'un mélange accru entre l'air de la stratosphère et celui de la troposphère. Une autre légère élévation a été remarquée au mois de juin. Elle s'est produite à la suite de la 4^e explosion atomique française de Reggane (Sahara), le 25 avril. L'activité spécifique maximum, égale à 4,23 pC par m³ d'air, a été enregistrée dans la semaine du 17 au 23 novembre; elle coïncide avec les résultats des autres stations de surveillance de l'air et correspond vraisemblablement à la date du premier passage des produits de fission de la bombe soviétique de 30 mégatonnes du 24 octobre. Si la moyenne des valeurs des activités mesurées à l'aide de ces filtres est plus petite que celle constatée dans les autres stations de surveillance de l'air, c'est le résultat de l'attente prolongée avant la mesure pendant laquelle les produits de fission de courte vie se sont partiellement déjà désintégrés.

Les résidus de filtre récoltés dans la stratosphère par avion ont montré des activités spécifiques bêta élevées. Les résultats sont donnés dans le tableau 3. Des valeurs atteignant 1000 pC par m³ d'air normal ont été enregistrées. D'importantes fluctuations sont apparues qui doivent être attribuées aux nuages radioactifs en mouvement. De pareils courants ont été observés d'une façon particulièrement nette entre le 9 et le 13 septembre et entre le 12 et le 28 octobre. Plus tard, l'activité moyenne devint trop élevée pour qu'il soit possible de percevoir clairement d'autres mouvements.

Les spectres gamma des résidus les plus actifs des filtres provenant de la stratosphère ont été déterminés. Ils indiquent la présence de produits de fission jeunes. La figure 4 montre le changement de la forme et de l'intensité du spectre au cours du temps. Les pics caractéristiques de l'iode-131 et du tellure-132 disparaissent assez rapidement à cause de la courte période de ces nuclides, tandis que le pic à 0,75 MeV, qui fait partie du spectre du zirconium-95 et du niobium-95 décroît d'une façon considérablement plus lente. Le pic du caesium-

137 se trouve à 0,66 MeV. Il ne se détache pas du «background», ce qui prouve que cet isotope dangereux de longue vie ne contribue à l'activité totale des produits de fission jeunes que dans une faible mesure (voir tableau 14).

La désintégration des produits de fission jeunes a lieu d'après la relation empirique 7-10 (voir page 54) : $I = I_0 \cdot t^{-1,2}$. Si l'on reporte les valeurs de $I^{-1/1,2}$ en fonction du temps, on doit trouver une ligne droite, dont le point d'intersection avec l'axe du temps indique la naissance des produits de fission. De pareilles mesures ont pu être effectuées sur les produits de fission de la première bombe atomique soviétique du 1^{er} septembre. Les résidus de la stratosphère collectés le 12 septembre ont été utilisés à cette fin. Les échantillons ultérieurs n'ont pu l'être, car les explosions suivantes ont répandu de nouveaux produits de fission.

La figure 5 démontre que la règle 7-10 est bien vérifiée pour une durée d'environ 2 mois : en effet, la date de l'explosion du 1^{er} septembre apparaît au point d'intersection de la droite de décroissance avec l'axe du temps.

L'activité alpha de divers résidus stratosphériques a été mesurée (tableau 4). De la fin de 1958 à ce jour, l'activité alpha de la stratosphère a augmenté d'un facteur 4 approximativement. L'activité spécifique alpha est au moins 400 fois plus petite que l'activité spécifique bêta. Cela signifie que pour les produits de fission actuels la tolérance est déterminée par les émetteurs bêta, parce que la concentration maximum admissible est 250 fois plus forte que celle des émetteurs alpha. Le rapport de l'activité alpha à l'activité bêta dans la stratosphère continuera à être déterminé.

2. Précipitations

Les moyennes mensuelles de l'activité spécifique bêta totale de l'eau de pluie qui figurent dans le tableau 5 suivent le même cours que l'activité de l'air. A côté de l'activité spécifique bêta, le tableau indique encore l'activité accumulée au sol par la pluie. En 1961, le total annuel des dépôts radioactifs était environ cinq fois plus important qu'en 1960, mais seulement à peu près la moitié qu'en 1959.

Le tableau 6 indique les résultats des mesures des dépôts de poussières, obtenus à Locarno. Il se confirme, comme nous l'avons dit déjà précédemment, que la plus grande partie de l'activité accumulée au sol provient des précipitations.

Le tableau 4 indique aussi l'activité spécifique alpha d'un échantillon d'eau de pluie et de neige. Le danger dû à l'activité alpha dans l'eau de pluie, et par voie de conséquence dans la nourriture, est négligeable. En effet, les précipitations ne peuvent contenir que du plutonium ou de l'uranium comme émetteurs alpha, et les concentrations maximum admissibles de ces nuclides sont assez élevées, car elles ne sont pas absorbées par l'organisme.

3. Eau de citerne

Les valeurs des activités spécifiques bêta totales de l'eau de citerne sont indiquées au tableau 7. Les explosions françaises des 27 décembre 1960 et 25 avril 1961 n'ont pas produit une augmentation notable d'activité. A la suite des essais soviétiques, la radioactivité a augmenté d'une façon analogue à celle des précipitations.

Un contrôle plus serré a été effectué du mois de septembre au mois de novembre. A cause de l'absence de radium dans l'eau de citerne, la concentration maximum admissible pour les émetteurs bêta et un petit groupe de population s'élève à 100 pC par litre d'eau. Cette valeur, valable pour un mélange inconnu, ayant été dépassée, il a fallu déterminer le strontium-90 (tableau 8). L'activité totale de tous les isotopes du strontium et celle du strontium-90 sont données. Ce dernier est l'isotope le plus dangereux à cause de sa grande période (28 ans) et de son incorporation dans les os. L'activité du strontium-90 qui a été mesurée est encore loin de la concentration maximum admissible de 30 pC par litre d'eau, de sorte qu'elle ne présente pas de danger.

4. *Eaux de surface et eaux souterraines*

Le tableau 9 indique l'activité spécifique bêta totale des eaux de surface, des eaux souterraines, des eaux résiduaires, des poissons, du plancton et de la vase. Par suite des explosions atomiques soviétiques, une augmentation de l'activité a été constatée pendant le mois de novembre, petite dans les eaux de surface et plus forte dans les échantillons de plancton. Une activité bêta élevée a encore été trouvée dans les eaux résiduaires de la fabrique de matières lumineuses «Radium-Chemie» à Teufen AR, due, pour une importante partie, au strontium-90. Le tableau 9a donne le résultat des mesures effectuées sur les poissons qui ont été pêchés dans le Goldibach en amont et en aval du déversoir des eaux résiduaires de la «Radium-Chemie». Les arêtes des poissons pêchés dans le Goldibach inférieur ont montré une forte activité, alors qu'au contraire il n'y avait qu'une légère augmentation dans la chair.

Il n'a pas été possible de constater une activité dépassant le niveau normal, en aucun endroit, dans le voisinage de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs à Würenlingen.

5. *Sol, herbe et foin*

Dans la région de Würenlingen, des échantillons de sol ont été prélevés pour la première fois le 29 mars, des échantillons d'herbe le 9 mai, pour examiner leur teneur en strontium-90 (tableau 10). L'activité bêta totale d'échantillons d'herbe, de foin et de regain provenant de cette région a été mesurée (tableau 11).

6. *Activité bêta totale du précipité d'oxalates et du strontium-90 dans les denrées alimentaires*

Ces mesures ont été effectuées au Service fédéral de l'hygiène publique sous la direction du prof. Högl. Les mesures qui ont été effectuées dans le cadre de la communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (chimistes cantonaux de Bâle, des Grisons, de St-Gall, de Vaud, de Zurich et du chimiste de la ville de Zurich) ont été publiées dans les «Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène» (vol. 52, page 405, 1961). Le tableau 12 indique l'activité spécifique bêta totale et l'activité du strontium-90 du lait. L'activité totale comprend celle des nuclides radioactifs naturels (surtout K-40). L'activité du précipité d'oxalates comprend seulement l'activité des isotopes radioactifs, comme Sr-90, Y-90, Ba-140, La-140, Ce-144, Pr-144, qui sont précipités avec le calcium du lait

sous forme d'oxalates. L'activité du précipité d'oxalates représente en moyenne le 80 % de l'activité bêta totale mesurée, après déduction de l'activité du potassium-40.

L'activité des denrées alimentaires s'est aussi accrue considérablement à la suite des essais nucléaires soviétiques. Cette augmentation est particulièrement prononcée dans le lait frais des «Laiteries Bernoises» (altitude 550 m environ), et moindre dans le lait de Mürren (altitude 1650 m environ). Cette différence provient du fait qu'on a donné encore de l'herbe aux vaches en plaine, alors que l'on n'en donnait plus à Mürren. La participation du strontium-90 à l'activité totale n'a pas encore augmenté d'une façon notable. Il faut s'attendre à une augmentation à longue échéance.

La figure 7 donne l'activité du strontium-90 dans le lait frais des «Laiteries Bernoises» et de Mürren depuis 1958. L'activité spécifique du lait de Mürren est environ le double de celle du lait de la plaine. Cela provient des précipitations, plus importantes à Mürren qu'en plaine, et aussi de la végétation différente. La figure 8 donne l'activité spécifique du strontium-90 dans le lait en poudre depuis 1954, et les valeurs annuelles moyennes. Le tableau 13 indique les activités spécifiques de quelques denrées alimentaires.

7. *Activité strontium-90 dans les os*

Après avoir mis au point et contrôlé les méthodes expérimentales nécessaires, en 1961, la détermination du strontium-90 dans les os a pu être intensifiée considérablement. La méthode employée procède d'abord à la séparation chimique du strontium total, puis à la mesure de l'activité de l'yttrium-90, produit de filiation du strontium-90. Des essais ont été entrepris pour séparer directement l'yttrium-90. Cette modification permettrait alors de préparer des échantillons de moindre autoabsorption. Dans les conditions actuelles, ces échantillons ont des activités très faibles et il est nécessaire de disposer de compteurs à «background» très bas pour effectuer des mesures valables. Actuellement, le «background» de ces compteurs est de 0,20 coups par minute. Les valeurs mesurées sont indiquées en «unités strontium» (S. U.). Cette unité équivaut à un picocurie de strontium-90 par gramme de calcium de l'os. Les os suivants ont été examinés: les vertèbres, le sternum, les côtes, le fémur et le tibia. Les valeurs suivantes représentent la moyenne pour 1961 (les marges d'erreurs correspondent à un degré de sûreté de 95 %). Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'analyses qui ont été faites.

A. Nouveaux-nés et enfants jusqu'à quelques semaines

	Vertèbres et côtes S.U.	os longs S.U.
Activité spécifique du strontium-90	$1,48 \pm 0,44$ (6)	$0,73 \pm 0,38$ (6)
Valeur moyenne pour 1961	$1,11 \pm 0,41$ (12)	
Valeur moyenne pour 1960	$0,77 \pm 0,10$	

B. Enfants et adolescents jusqu'à 20 ans

	Vertèbres et sternum S.U.	côtes S.U.
activité spécifique du strontium-90	$0,94 \pm 0,22$ (4)	1,10 (1)
Valeur moyenne pour 1961	$0,98 \pm 0,18$	

Avec les facteurs usuels de normalisations pour les divers os (0,55 pour les vertèbres et le sternum, 0,90 pour les côtes et 2,00 pour les os longs) nous obtenons une moyenne totale de l'activité spécifique des os égale à $0,98 \pm 0,18$ S. U. pour 1961.

C. Adultes depuis 20 ans

	Vertèbres et sternum S.U.	côtes S.U.	os longs S.U.
Activité spécifique du strontium-90	$0,80 \pm 0,15$ (39)	$0,58 \pm 0,15$ (16)	0,27 (1)
Valeur moy. p. 1961	$0,46 \pm 0,10$		
Valeur moy. p. 1960	$0,35 \pm 0,07$		

Tenant compte des facteurs de normalisation indiqués ci-dessus, nous obtenons une valeur moyenne égale à $0,46 \pm 0,10$ S. U.

Pour apprécier le sens de ces activités spécifiques du strontium-90, il faut comparer ces valeurs avec les normes qui ont été établies par la Commission internationale pour la protection contre les radiations. Une activité spécifique de strontium-90 égale à environ 70 S. U. dans les os est considérée comme admissible: c'est considérablement plus élevé que les valeurs mesurées. Celles-ci sont du même ordre de grandeur que celles qui ont été déterminées dans d'autres pays.

La détermination de la teneur en strontium-90 des dents de lait a fait l'objet d'un travail spécial. En 1961, des dents d'enfants, nés dans les années 1952 à 1957, ont été examinées. Elles représentent un bon moyen de déterminer l'augmentation de l'activité du strontium-90 pendant les années précédentes. Jusqu'ici, les mesures suivantes ont été effectuées:

(Tableau voir page 53)

8. Mesure du niveau naturel d'irradiation dans diverses régions de la Suisse

Au début de l'année 1961, après que le niveau d'irradiation soit descendu pratiquement à celui du niveau naturel (nuclides radioactifs naturels et rayonnement cosmique), nous avons accepté volontiers une proposition du Dr G. Wagner, chef de la section de radioprotection du Service fédéral de l'hygiène publique, pour la mesure du niveau naturel de radiations dans notre pays.

Année de naissance	provenance	activité spécifique de strontium-90 en S.U.
1952	Bâle	0,15
1953	Bâle	0,28
1954	Bâle	0,77
	Berne	0,75
1955	Bâle	0,90
	Berne	1,54
1956	Bâle	1,68
	Berne	2,09
1957	Bâle	2,01

Nous avons eu la possibilité d'utiliser une voiture spéciale, équipée d'une chambre d'ionisation et d'un compteur à scintillation, appartenant à l'Institut radiologique de l'Université de Freiburg en Brisgau (Professeur H. Langendorff). De plus, le Dr W. Herbst, du même institut, qui a fait des mesures du niveau naturel d'irradiation dans le Bundesland Baden-Württemberg avec la même voiture, s'est déclaré prêt à participer aux mesures dans notre pays. Nous exprimons ici au professeur Langendorff et au Dr Herbst toute notre reconnaissance. Les mesures ont été effectuées dans toutes les parties de la Suisse; elles étaient terminées avant la nouvelle augmentation de l'activité de l'air qui eut lieu au mois de septembre. Les résultats seront publiés dans le supplément B du Bulletin du Service fédéral de l'hygiène publique.

IV. Remarques

Malgré la série d'explosions atomiques soviétiques en automne 1961, la radioactivité dans notre pays n'a jamais atteint des valeurs dangereuses. Mais il s'est avéré certain qu'un contrôle sérieux était nécessaire, afin de pouvoir apprécier un danger éventuel à chaque instant. Une fois de plus, le problème des retombées radioactives a alarmé la population. C'est pourquoi nous considérons utile de résumer ici la situation et ses dangers, bien que notre commission l'ait déjà fait au moyen de différents communiqués à la presse.

1. Qu'est-ce qu'une retombée radioactive?

Les explosions atomiques produisent inévitablement des nuclides radioactifs. Au moment de la fission de l'uranium ou du plutonium, il se forme des isotopes radioactifs d'environ 35 éléments différents, nommés produits de fission. Leurs périodes sont comprises entre une fraction de seconde et plusieurs dizaines d'années. La période d'une substance radioactive est le temps qu'il lui faut pour se désintégrer de moitié. A côté de la période physique (T_p), il existe une période biologique (T_b) pour les nuclides qui peuvent être absorbés par l'organisme humain. C'est l'intervalle de temps pendant lequel la moitié de la quantité de la substance incorporée est éliminée. Comme la désintégration radioactive et l'élimination biologique ne dépendent pas l'une de l'autre et ont lieu simultanément,

ment, il en résulte que l'activité des substances incorporées décroît de moitié dans un intervalle plus court que les périodes physique ou biologique. Cet intervalle est nommé période effective (T_e) dans l'organisme. Elle indique le temps nécessaire pour que l'activité d'une substance radioactive contenue dans le corps soit réduite de moitié. T_e s'obtient par la formule $T_e = T_p \cdot T_b / (T_p + T_b)$. Le tableau suivant donne quelques exemples de diverses périodes :

Nuclide radioactif	Période physique	Période biologique	Période effective dans le corps
Radium-226	1620 ans	900 jours	900 jours
Strontium-90	28 ans	36 ans	16 ans
Caesium-137	30 ans	70 jours	70 jours
Iode-131	8 jours	7 jours	4 jours

La décroissance de l'activité des produits de fission, entre 1 heure et 200 jours après une explosion, se calcule facilement par une formule simple, la règle 7-10 : L'activité des substances radioactives une heure après l'explosion sera 10 fois plus faible 7 heures plus tard, 100 fois plus faible après 7×7 heures, etc.

L'énergie produite par l'explosion des bombes atomiques est exprimée par le nombre de tonnes de Trinitrotoluol (matière explosive usuelle = TNT) capable de produire la même énergie. C'est pourquoi l'on indique le calibre des bombes atomiques en kilotonnes ($1000 \text{ t} = 1 \text{ kt}$) ou en mégatonnes ($1\,000\,000 \text{ t} = 1 \text{ Mt}$). Une bombe d'une mégatonne, dont l'énergie provient exclusivement de la fission de l'uranium, produit une quantité énorme de substances radioactives : la radioactivité est égale à celle de 300 000 t de radium une heure après l'explosion. Les nuclides radioactifs qui se forment lors des explosions atomiques retombent au sol après avoir séjourné plus ou moins longuement dans l'atmosphère.

On distingue les retombées radioactives locales des retombées mondiales. Les retombées locales ont lieu dans le voisinage du lieu de l'explosion ; elles sont composées de grosses particules formées, soit de nuclides radioactifs produits par l'explosion, soit de matière contaminée par l'adsorption de ces nuclides radioactifs. Par contre, les retombées mondiales sont conditionnées généralement par des particules dont le diamètre est inférieur à 1/100 de mm et qui sont dispersées dans l'atmosphère.

Il y a lieu de distinguer deux sortes de retombées mondiales :

- a) Lorsqu'il s'agit de bombes atomiques de l'ordre de 20 kt, le « champignon » radioactif reste dans la troposphère (suivant la situation météorologique, jusqu'à 10 000 à 12 000 m d'altitude). La troposphère est la couche inférieure de l'atmosphère, dans laquelle se déroulent les événements météorologiques. Sous l'action des vents d'ouest prédominants en altitude, les substances radioactives sont réparties autour du globe en une ceinture assez étroite autour de la latitude du lieu de l'explosion. Les particules radioactives sont abattues par les précipitations de la troposphère dans les 30 jours environ.

- b) Lorsqu'il s'agit de bombes de l'ordre de la mégatonne, le «champignon» radioactif pénètre dans la stratosphère. Ici, il n'existe plus de précipitations, et donc pas de conditions météorologiques capables d'abattre les substances radioactives. Les substances se répartissent alors dans toute la stratosphère. Seule une petite partie des substances radioactives franchit mensuellement la tropopause – la couche entre la stratosphère et la troposphère – et donne naissance aux retombées globales. Les substances radioactives emmagasinées dans la stratosphère n'atteignent le sol que dans un délai de quelques années.

2. Absorption de nuclides radioactifs par l'homme

Les nuclides radioactifs répandus dans l'atmosphère par l'explosion des bombes atomiques peuvent pénétrer dans la nourriture et dans le corps des hommes. Comme nous l'avons déjà dit, les nuclides radioactifs sont principalement présents sous la forme de petites particules constituant un aérosol qui peut atteindre l'homme de différentes manières.

Les nuclides radioactifs pénètrent dans l'organisme humain par aspiration de l'air contaminé, par l'eau potable et les aliments contaminés.

La figure 9 indique schématiquement les voies que peuvent suivre les substances radioactives jusqu'à leur absorption par l'homme.

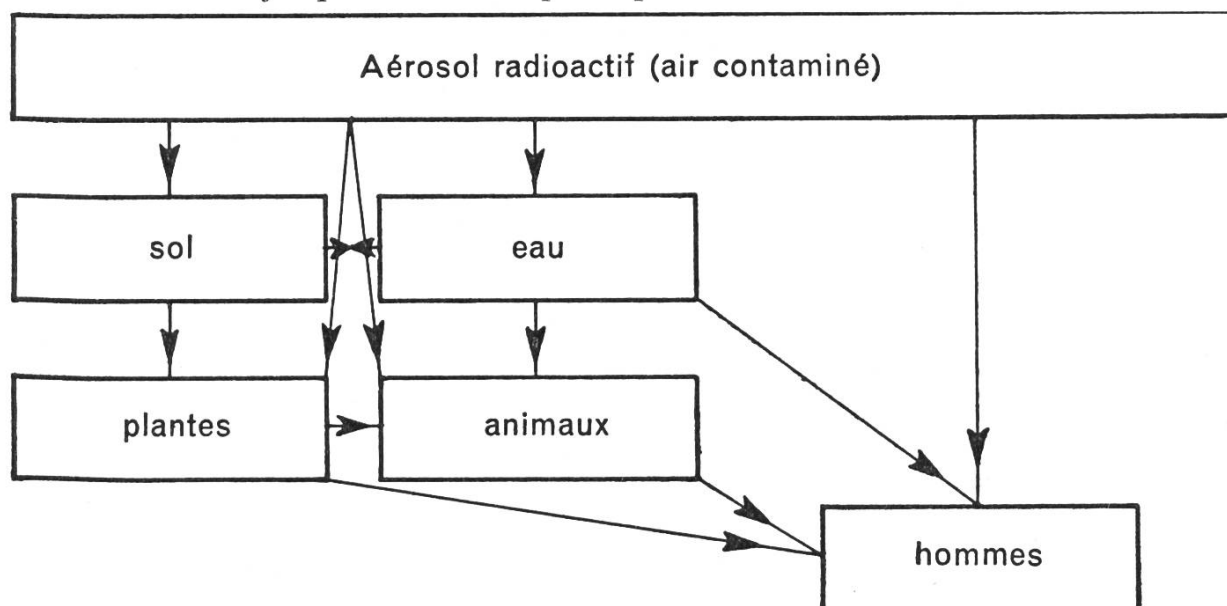


Fig. 9. Voies suivies par les substances radioactives.

Parmi les isotopes de longue vie accumulés dans le sol, c'est le strontium-90 qui est absorbé le plus facilement par les plantes. Comme le strontium et le calcium ont le même comportement chimique, l'absorption du strontium dépend fortement de la teneur en calcium du sol. Une teneur importante en calcium du sol signifie une faible absorption du strontium-90 par les plantes. Dans les sols pauvres en calcium, il est possible de réduire l'absorption du strontium-90 par les plantes par adjonction de calcium.

La contamination directe des plantes par l'air dépend de l'importance des retombées et de l'état de développement des plantes. Il faut distinguer deux sortes de contamination directe : les particules radioactives qui se fixent à la

surface des feuilles et qui peuvent être facilement éliminées par lavage d'une part et celles qui sont absorbées par les feuilles et passent ensuite dans d'autres parties de la plante. La capacité d'absorption et de transport est grande pour l'iode-131 et le caesium-137, mais au contraire faible pour le strontium. La contamination directe des plantes est plus dangereuse que celle qui provient du sol. En effet, les plantes n'absorbent qu'une fraction seulement des nuclides radioactifs présents dans le sol, car les isotopes radioactifs sont dilués par les isotopes stables du même élément. Ce dernier comportement peut donc être caractérisé par un facteur de discrimination. Ainsi, par la contamination directe des plantes, les isotopes radioactifs de courte vie parviennent aussi au corps humain.

Les animaux absorbent les substances radioactives par le fourrage. Lorsque des vaches mangent pendant un temps prolongé de l'herbe contaminée, elles éliminent de la quantité ingérée environ 1 % de l'iode-131, 0,1 % du strontium-90 et 1,4 % du caesium-137 absorbés par litre de lait. Contrairement à l'iode et au strontium, le caesium présente l'inconvénient d'être présent non seulement dans le lait, mais encore dans la viande.

Les substances radioactives parviennent au corps humain par la respiration, les aliments et les boissons. Environ 25 % des nuclides entrés par les voies respiratoires restent dans le corps. L'absorption par la nourriture de particules contaminées est moins dangereuse que l'absorption par l'eau de boisson ou l'air, car la nourriture contient la plupart des isotopes stables des éléments radioactifs des retombées.

3. *Appréciation des dangers*

Ce chapitre nous conduit à une partie importante de la discussion. C'est à notre époque seulement que l'humanité a été placée devant le problème du danger des radiations ionisantes. Toute expérimentation directe étant exclue, nos seules sources d'information résident dans les expériences sur les animaux, la pratique médicale, les accidents survenus lors de l'exploitation des réacteurs, et les victimes des explosions atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki. Il n'est donc pas étonnant que nous soyons encore dans l'incertitude en ce qui concerne de nombreux détails relatifs aux effets nuisibles des radiations ionisantes. Cette méconnaissance fâcheuse a conduit à fixer le plus bas possible les doses de radiations admissibles pour l'homme. Dès 1928, une commission internationale s'est occupée des problèmes posés par la radioprotection en se limitant d'abord aux applications médicales. Des doses maximum admissibles ont été fixées pour les personnes professionnellement exposées aux radiations ionisantes. Les valeurs sont telles que la dose d'exposition annuelle ne doit pas dépasser :

- 5 rem pour les gonades ou le corps entier,
- 30 rem pour les os, la peau et la thyroïde,
- 15 rem pour les autres organes.

Pour l'ensemble de la population, cette dose est réduite d'un facteur 100 lorsqu'il s'agit des gonades ou du corps entier, et d'un facteur 30 pour les autres organes. Les valeurs ainsi fixées sont nommées doses maximum admissibles. Dans l'état actuel de nos connaissances, elles ne causent aucun dommage à l'individu (lésions somatiques), ni à ses descendants (lésions génétiques).

Comme l'homme absorbe des nuclides radioactifs par la respiration et par l'ingestion d'aliments ou de boissons, la contamination de l'air, des denrées alimentaires et de l'eau de boisson ne doit pas excéder une certaine valeur, afin que les doses de radiations maximum admissibles indiquées ci-dessus ne soient pas dépassées. C'est pourquoi l'on établit des concentrations maximum admissibles de l'air respiré, de l'eau de boisson, etc. Aussi longtemps que les activités spécifiques de l'air et de l'eau ne dépassent pas les concentrations ainsi définies, l'absorption de ces nuclides radioactifs ne présente pas de danger. Les concentrations maximum admissibles dépendent considérablement de la nature du nuclide radioactif et de la manière de son incorporation dans le corps humain. Il est des nuclides radioactifs peu dangereux comme le tritium et d'autres très dangereux comme le strontium-90.

Le tableau 14 contient la liste des produits de fission principaux de l'uranium qui sont produits par l'explosion d'une bombe atomique à uranium et la variation de la composition du mélange des produits de fission au cours du temps. La deuxième et la troisième colonne du tableau indiquent les concentrations maxima admissibles dans l'air et dans l'eau pour la population entière qui délivrent à l'organe critique une dose de radiations de 0,150 rem par année. Cette liste démontre que le strontium-90 est l'élément le plus dangereux des émetteurs bêta et gamma, car sa concentration maximum admissible est la plus petite. En général, les émetteurs alpha ne sont présents qu'en très petites quantités dans les retombées radioactives, et nous n'en tiendrons pas compte ici. En plus, le tableau indique la composition de 3 mélanges de produits de fission d'âges différents (10 jours, 135 jours, 365 jours).

Dans le tableau 14, le terme «fréquence» exprime le pourcentage de l'activité bêta du mélange total qui provient du nuclide considéré.

Exemple: Après 10 jours, le 6,4% des désintégrations bêta du mélange proviennent de l'iode-131. Pour un mélange âgé de 135 jours, cette fraction est réduite à une valeur presque imperceptible.

Le terme «air» exprime le pourcentage de la concentration maximum admissible dans l'air de l'isotope considéré, pour un mélange de produits de fission, dont l'activité spécifique totale s'élève à 100 pC par m³ d'air.

Exemple: Après 135 jours, l'activité spécifique du strontium-90 dans le mélange représente le 11,7% de la concentration maximum admissible qui est 3 pC/m³. Son activité spécifique dans le mélange est donc: $0,117 \times 3 \text{ pC/m}^3 = 0,35 \text{ pC/m}^3$.

Le terme «eau» exprime le pourcentage de la concentration maximum admissible dans l'eau de l'isotope considéré, pour un mélange de produits de fission, dont l'activité spécifique totale s'élève à 1000 pC par litre d'eau.

Exemple: Dans un mélange âgé de 10 jours, l'iode-131 possède une activité spécifique égale à 9,1% de la concentration maximum admissible qui est 700 pC/l eau. L'activité spécifique de l'iode-131 est donc: $0,091 \times 700 \text{ pC/l} = 64 \text{ pC/l}$.

La règle suivante permet le calcul de la concentration maximum admissible «T» dans l'air ou dans l'eau d'un mélange de produits de fission d'un âge déterminé: La somme «S» des pourcentages indiqués dans le tableau 14 (avant-

dernière ligne), multipliée par la concentration T doit être égale à l'activité spécifique totale admise (100 pC/m³ pour l'air, 1000 pC/l pour l'eau).

Exemple: La concentration maximum admissible T pour l'air, pour un mélange de produits de fission âgé de 10 jours, se calcule de la façon suivante: $0,1977 \times T = 100$ pC/m³, donc $T = 506$ pC/m³. La dernière ligne du tableau 14 indique les concentrations maximum admissibles dans l'air et dans l'eau, pour les 3 mélanges d'âges différents. Elle diminuent avec l'âge des mélanges, parce que les nuclides dangereux de longue vie contribuent à l'activité totale dans une proportion toujours plus grande.

Si l'on admet que l'ensemble de la population peut recevoir une dose de radiation de 0,150 rem pour les organes critiques et par année, l'air respiré ou l'eau de boisson peuvent présenter une contamination permanente à une concentration maximum admissible calculée pour un mélange normal de produits de fission, dont la composition varie au cours du temps. Dans le cas d'une contamination de courte durée, les concentrations maximum admissibles peuvent être augmentées en conséquence.

Ces réflexions ne sont pas applicables à la radioactivité introduite dans le corps par les aliments. Dans le tableau 14, la concentration maximum admissible pour l'iode-131 dans l'air inhalé a été fixée à 100 pC/m³. Il faut cependant tenir compte de la contamination de l'herbe, et par conséquent du lait, qui résulte de celle de l'air. La partie de la population la plus exposée au danger de l'iode-131 comprend les enfants d'un âge inférieur à une année, dont le lait est la nourriture principale et dont la thyroïde, qui accumule la moitié environ de l'iode absorbé, est encore très petite. La dose de tolérance pour la thyroïde et pour l'ensemble de la population s'élève à 1 rem par année. Cette dose est atteinte chez les enfants lorsque l'activité spécifique de l'iode-131 dans le lait s'élève à 130 pC/litre. Cette radioactivité serait atteinte à son tour si la concentration de l'iode-131 dans l'air venait à s'élever en permanence à 0,07 pC/m³ d'air. Il en résulte que la présence d'iode-131 dans le lait constitue un danger considérablement plus grand (environ 1000 fois) pour les jeunes enfants que sa présence dans l'air inhalé.

4. Mesures à prendre en cas d'augmentation dangereuse de la radioactivité des retombées

Les retombées radioactives n'atteindront pas un degré dangereux dans notre pays aussi longtemps que les explosions atomiques n'auront lieu que dans les régions éloignées et que leur durée ne sera point trop longue. Le lait et l'eau de citerne sont les plus menacés. Si leur activité spécifique venait à dépasser la concentration maximum admissible pendant un temps prolongé, il faudrait prendre des mesures pour éliminer les radionuclides dangereux.

L'eau peut être décontaminée en grande partie au moyen d'échangeurs d'ions mixtes. La tourbe est un échangeur bon marché (voir le 3^e rapport de la Commission). L'eau passe à travers l'échangeur d'ions, qui peut être comparé à une installation de filtrage.

Si la concentration maximum admissible n'est pas largement dépassée, l'activité spécifique peut être suffisamment diminuée par adjonction d'eau non

contaminée. Une autre possibilité consiste à ajouter à l'eau contaminée les isotopes stables des produits de fission dangereux. L'organisme humain ne fait pas de différence entre isotopes radioactifs et isotopes stables d'un même élément. L'absorption des isotopes radioactifs sera moindre en présence d'isotopes stables en quantité suffisante.

Les cations radioactifs (strontium, caesium, par exemple) pourront être éliminés du lait par échange ionique au moyen d'échangeurs d'ions préalablement saturés de calcium et des autres ions présents dans le lait. Une possibilité d'abaisser la teneur en iode-131 du lait d'un facteur 4 environ consiste à ajouter journellement environ 10 g d'iode stable au fourrage (sous forme d'iodure de sodium par exemple). La centrifugation du lait laisse à peu près 5 % d'iode-131 dans la crème et le barattage à peu près 1 % dans le beurre. Pendant un certain temps, les jeunes enfants devront seulement être nourris par du lait en poudre, dans lequel la radioactivité de l'iode-131 a complètement disparu.

Si les retombées radioactives sont intenses, le bétail devra rester à l'écurie et ne devra plus être nourri avec de l'herbe pendant un certain temps. Le lait produit restera exempt de radioactivité, tant que le fourrage et l'eau n'en contiendront pas. Des réserves de fourrage et d'eau sont donc indispensables. L'eau de boisson provenant du réseau normal de distribution d'eau (et non des citernes) n'est pratiquement pas contaminée.

Une réduction de la radioactivité des fruits et des légumes s'obtiendra par un lavage soigneux ainsi qu'en les pelant ou en éliminant les premières feuilles.

Au début de ce rapport, nous avons indiqué qu'une organisation est à l'étude qui doit permettre de donner à la population des instructions efficaces en cas d'augmentation de la radioactivité. Ces instructions contiendront les mesures qu'il conviendra de prendre pour parer au danger de la façon la plus efficace. La nécessité de prendre des dispositions avant l'arrivée du danger est évidente. A ce titre, l'organisation de la protection civile et la construction d'abris présentent une urgence toute particulière.

Cependant, il faut se rendre compte que les mesures à prendre pour éviter les lésions dues aux radiations ionisantes se basent sur une évaluation incomplète des risques encourus. Il ne faut pas perdre de vue les inconvénients que peuvent présenter les mesures envisagées et les choisir de telle sorte qu'elles tiennent compte du risque dans son ensemble.

Bâle, le 20 mars 1962.
