

16e Rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1972, à l'attention du Conseil fédéral

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität**

Band (Jahr): **16 (1972)**

PDF erstellt am: **24.06.2024**

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

16^e rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1972, à l'attention du Conseil fédéral

par Prof. D^r O. Huber, Fribourg, président de la commission,
D^r J. Halter et D^r P. Winiger, Fribourg

I. Aperçu général

La Commission fédérale de la radioactivité (CFR), conformément à son règlement (6. 2. 1959), a les tâches suivantes :

- a) Elle surveille la radioactivité de l'air, des précipitations, des eaux et du sol par des mesures continues.
- b) Elle renseigne régulièrement le Conseil fédéral sur les résultats de la surveillance.
- c) Elle prépare l'information de la population, dispensée par le Conseil fédéral, au sujet du résultat des mesures et du comportement à avoir en cas d'augmentation de la radioactivité.
- d) Elle fait des propositions au Conseil fédéral au sujet des mesures de protection à prendre en cas d'augmentation de la radioactivité.

Les tâches de la Commission pour l'année 1972 ont été traitées lors de trois séances. Quatre autres séances ont réuni les membres du Comité d'alarme; cette sous-commission de la CFR s'occupe des mesures à prendre lors d'un événement nucléaire: de l'accident à l'explosion d'une bombe atomique en temps de paix. Dans le Comité d'alarme siègent des spécialistes et des délégués de six départements fédéraux.

De tout temps l'homme a été soumis aux rayonnements ionisants; jusqu'au vingtième siècle ce rayonnement était d'origine naturelle. Même aujourd'hui malgré l'application des radiations ionisantes dans l'industrie, la technique et la médecine, la plus grande part de la dose moyenne de radiation reçue par la population est d'origine naturelle. Et ce fait n'est modifié ni par les essais nucléaires dans l'atmosphère, ni par les nombreuses implantations de centrales nucléaires. Pour chaque augmentation de l'irradiation par rapport à celle d'origine naturelle, il faut évaluer les risques admissibles par rapport aux avantages découlant de l'utilisation de radiations ionisantes, comme on le fait pour d'autres domaines dans le cadre de la protection de l'environnement.

Le rayonnement naturel provient du rayonnement cosmique et des nucléides naturellement radioactifs de la croûte terrestre. Mise à part l'irradiation externe qui en découle, certains radionucléides pénètrent dans le corps humain avec la

nourriture et l'air respiré (principalement K-40, C-14, H-3, etc.), contribuant ainsi à une irradiation interne. L'irradiation externe dépend principalement de la latitude, de l'altitude et particulièrement de la nature géologique des terrains sur lesquels nous vivons. En Suisse, la dose naturelle pour les gonades varie entre 80–350 mrem/an, avec une moyenne écologique de 150 mrem/an. L'irradiation naturelle varie donc dans de larges limites.

Afin que la CFR puisse remplir son mandat, elle doit être en mesure de détecter des doses d'irradiation faibles par rapport aux variations du «fond». Chaque dose supplémentaire détectée doit être considérée en tenant compte des variations du fond.

Lors de la fission nucléaire de l'uranium, du plutonium et du thorium ou lors de réactions nucléaires, des nucléides artificiellement radioactifs sont créés. Ces radioisotopes existent pour tous les éléments chimiques. Fondamentalement, les effets de leurs radiations sur le corps humain sont exactement les mêmes que pour le rayonnement naturel et peuvent aussi être exprimés en débit de dose (p.ex. mrem/an). Les divers radioisotopes se distinguent les uns des autres par le type et l'énergie de leurs radiation, par leurs période et par le comportement chimique et biologique à l'intérieur du corps. Ces particularités sont connues pour la plupart des radioisotopes atteignant notre biosphère. La connaissance de la composition isotopique d'une substance radioactive peut ainsi permettre de déterminer le danger que celle-ci représente pour l'homme.

Durant les années 1962/63, après le dépôt des produits de fission des essais nucléaires des USA et de l'URSS, l'ordre de grandeur de l'irradiation par radioactivité artificielle sous nos latitudes atteignait un maximum de 10–30 mrem/an, soit 10% de l'irradiation naturelle. Après l'accord sur l'interdiction des essais nucléaires de 1963, le dépôt de produits de fission diminua fortement (p.ex.: retombées de produits de fission mesurées à Locarno en 1963: 1225 mCi/km² et en 1972: 27 mCi/km²), de sorte qu'aujourd'hui la dose d'irradiation correspondante est faible. L'immission radioactive des centrales nucléaires, consistant principalement en radioisotopes des gaz rares qui ne se fixent pas dans le corps humain, provoque en cas de fonctionnement normal, pour la population avoisinante, des débits de dose externe de moins de 10 mrem/an.

Seuls quelques radioisotopes sont importants pour l'irradiation interne due aux retombées radioactives des essais nucléaires et aux gaz échappés des centrales nucléaires. Ce sont avant tout l'I-131 qui se concentre dans la glande thyroïde, le Sr-90 qui se fixe dans les os et le Cs-137 qui se dépose principalement dans les muscles. Ils pénètrent dans l'organisme, principalement avec la nourriture et, dans une moindre mesure, avec l'air respiré. La détection en Suisse de tels radioisotopes dans les principaux aliments et dans le corps humain n'a jamais mis en évidence des quantités pouvant produire une irradiation notable.

Durant l'année 1972, eurent lieu au-dessus de l'hémisphère nord deux essais nucléaires de la République populaire de Chine:

Le 7. 1. 1972 explosait dans la partie occidentale de la Chine une bombe A de 20 kt et le 18. 3. 1972 une de 20–200 kt. La France entreprit en juin/juillet

1972 une série de tests de bombes A dans les mers australes: les 25.6., 30.6. et 29.7., des explosions d'énergie plus petite que 20 kt. Une influence sensible en Suisse des produits de fission de ces dernières est peu probable, car les masses d'air des hémisphères nord et sud ne se mélangent que très peu.

D'une façon générale on peut remarquer qu'en 1972, par rapport au niveau déjà faible de l'année précédente, la radioactivité ambiante a de nouveau diminué. Ceci résulte principalement du fait que, depuis l'automne 1970, aucune bombe de la gamme de la mégatonne n'a été mise à feu dans l'hémisphère nord.

II. Réseau des stations de mesures

Le programme de mesure mentionné dans le rapport annuel 1971 est entré en vigueur en 1972. Il repose sur l'idée de déceler le plus près possible de la source le rejet d'activité dans l'environnement par les entreprises soumises à l'Ordonnance concernant la protection contre les radiations et de surveiller la radioactivité de l'ensemble de la biosphère suisse. Ce réseau de stations de mesure est adapté aux circonstances de manière continue. Le programme de prises d'échantillons est rapporté dans le tableau 1.

Tous ces échantillons sont soumis à des mesures spécifiques qui permettent la détection d'émetteurs α , β et γ . Pour les échantillons d'air (filtres) par exemple, les spectres γ sont enregistrés puis, après calcination, l'activité totale est mesurée; ceci permet de déterminer les principaux nucléides radioactifs dans l'air. Par des méthodes spécialement sensibles, l'analyse porte sur d'autres nucléides comme Ar-37. Les échantillons d'eaux résiduelles mentionnés au tableau 1 sont soumis, à part la détermination de l'activité β totale, à des mesures de détection spécifiques des radioisotopes susceptibles de parvenir dans les eaux des entreprises surveillées. Comme dans le lait seuls les isotopes du Sr, de l'I et du Cs ont une importance pratique sur le plan de la protection contre les radiations, les échantillons sont examinés dans ce sens. Par contre, pour les autres échantillons de produits alimentaires, l'ensemble de l'activité doit être examiné. Si, lors d'une mesure, une activité accrue est déterminée, l'examen se poursuit alors jusqu'au point permettant de se prononcer sur les dangers encourus par l'homme.

La station de mesure de Payerne a été dotée, en avril 1972, d'une nouvelle installation automatique de surveillance de l'air. Le temps de prise d'échantillons par filtre en régime normal a été fixé à 12 heures et le début de la dernière mesure retardée à 96 heures après la prise d'échantillons. Par conséquent, d'une part le Pb-212 naturel (Th B, $T_{1/2} = 10,6$ h) et ses produits de désintégration ont disparu et ne simulent plus, comme cela était le cas sur l'ancienne installation, une activité aérosol artificielle de l'ordre de 1 pCi/m³; d'autre part, le dépôt de poussière est plus faible, ce qui conduit à un flux d'air plus régulier mais à une sensibilité moindre.

Le seuil de détectabilité se situe à environ 0,4 pCi/m³ d'air, ce qui suffit largement pour la surveillance de la radioactivité (la concentration maximale

admissible dans l'air respiré de produits de fission non analysés est, pour la population générale, de 3 pCi/m³ d'air).

III. Nouvelles tâches introduites et examens spéciaux

3.1. Spectroscopie α avec chambre d'ionisation à grille

Par des modifications en vue de la spectroscopie α de la chambre d'ionisation à grille (voir fig. 1), ainsi que de l'électronique associée, la résolution en énergie pour une source Po-210 électrolytique, a pu être ramenée à 35 keV (largeur à mi-hauteur) pour une efficacité de détection d'environ 40%. Ce pouvoir de résolution, élevé pour une chambre d'ionisation, est nécessaire pour la distinction entre le dangereux émetteur α Pu-239 (lignes à 5,143 et 5,156 MeV) et le Po-210 (5,305 MeV), naturellement présent dans l'air. Toutefois, vu la forte absorption, la masse de l'échantillon sur la surface utile de source (135 cm²), ne doit pas dépasser 20–30 mg (ceci correspond aux cendres d'un filtre de vol à haute altitude calciné). Pour une quantité d'air collectée de 100 m³, le seuil de détection pour le Pu-239 est d'environ 0,001 pCi/m³, alors que la concentration maximale admissible pour la population générale est de 0,02 pCi/m³ d'air.

Dans les cas les plus simples, une calcination à haute température suffit à la préparation de l'échantillon. Mais les pertes enregistrées lors de la calcination (le polonium s'évapore presque totalement) font généralement préférer une calcination en phase humide avec l'acide perchlorique. Ensuite le dépôt est réduit en sels (nitrates, chlorures) qui, dissous dans un peu d'eau, sont déposés par vaporisation sous forme de petites gouttelettes sur un support de source chauffé.

De telles sources donnent une résolution de 100–150 keV, permettant une détermination de l'activité α totale et, dans bien des cas, l'identification des différents émetteurs α (voir page 222 et fig. 2 à droite).

Pour la détermination spécifique du Pu, celui-ci peut être séparé chimiquement d'une solution acide par TiOA (tri-iso-octyl-amine) dans le xylène (liquid-liquid extraction). La fabrication de la source se fait par la méthode des gouttelettes indiquée ci-dessus (spectre fig. 2 à gauche). Des sources avec une meilleure résolution sont fournies au moyen de l'extraction par TTA (Thenoyl-trifluoroacétone) dans le benzène. Après la séparation, la phase organique est vaporisée dans un verre de montre et le dépôt de TTA calciné; ce qui fournit une source pratiquement sans support. Les mesures de telles sources avec la chambre à ionisation à grille montrent une résolution d'environ 80 keV, alors que la mesure avec une diode au silicium à barrière de surface donne une largeur à mi-hauteur de 18 keV (source électrolytique de Po-210: 16,6 keV).

3.2. Expériences de coloration dans la Broye

Afin de déterminer si, lors de la prise d'échantillons dans la Broye, à env. 700 m en aval du déversoir de la caverne du réacteur (complètement démonté)

de Lucens, l'eau résiduaire de l'ancienne Centrale nucléaire est entièrement mélangée avec l'eau de la rivière, l'EAWAG a entrepris des expériences de coloration. Même par eaux basses (10. 11. 1972) il s'est avéré que le colorant, introduit directement dans le canal des eaux résiduelles, était en grande partie mélangé à l'eau de la rivière à 300–400 m en aval et complètement mélangé à 600–700 m. Le choix fait naguère de l'endroit de prélèvement était donc correct.

IV. Résultats des mesures

4.1. L'air

4.1.1. Activité β totale

L'activité spécifique β totale de l'air en Suisse a été en 1972 également si faible que les installations de surveillance (à enregistrement continu après un retard de 48 h) ne devaient faire apparaître qu'une radioactivité ambiante essentiellement naturelle (tabl. 2a). Les mesures de l'activité β totale des filtres à air de Fribourg et Würenlingen (fig. 3, tabl. 2b) donnèrent des résultats concordants.

L'activité de l'air avait atteint un minimum en 1966/1967 et accusait, dans les années suivantes, une légère augmentation, conséquence des explosions nucléaires chinoises de la gamme de la mégatonne (17. 6. 1967, 24. 12. 1968, 29. 9. 1969, 14. 10. 1970). Le fait qu'aucune bombe de cette gamme n'ait explosé au-dessus de l'hémisphère nord en 1971 et 1972 a eu pour conséquence l'absence presque complète de l'augmentation de printemps et, par là, la diminution de l'activité moyenne de l'air durant l'année 1972, ainsi qu'il ressort du tableau suivant:

Moyennes annuelles de la concentration de l'activité β (pCi/m^3)

| | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| Fribourg | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,04 |
| Würenlingen | 0,05 | 0,13 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,05 |

4.1.2. Activité γ

Les deux bombes A chinoises du 7. 1. 1972 (20 kt) et du 18. 3. 1972 (20–200 kt) apportèrent des nuages de jeunes produits de fission qui produisirent cependant peu d'effets dans l'air au sol. Dans les spectres γ des filtres hebdomadaires des semaines du 14. 1. au 5. 2. et dès le 24. 3. 1972, de jeunes produits de fission firent leur apparition. Ils n'augmentèrent cependant que brièvement l'activité γ de l'air. Durant le restant de l'année, les spectres montrèrent une augmentation croissante de la proportion de Be-7 ($T_{1/2} = 53$ d) naturel, qui représentait vers la fin de l'année plus du 90% de l'activité totale à longue durée de vie de l'air.

Une bande collectrice de l'appareillage surveillant l'air de la cheminée à l'ancienne Centrale nucléaire de Lucens a été analysée au spectromètre γ de Fribourg. La ventilation de la caverne du réacteur et l'appareillage lui-même n'avaient été enclenchés que par intermittence. La quantité d'air totale a donc dû être déduite de l'avancement du filtre et du débit d'air. Du 20 juin au 10 juillet 1972, 6000 m³ d'air vicié au total ont été aspirés en 200 h à travers le filtre. L'activité totale de la bande collectrice donna 45 ± 15 pCi Ce-144 et 35 ± 15 pCi Cs-137, soit $(8 \pm 3) \cdot 10^{-3}$ pCi Ce-144/m³ et $(6 \pm 3) \cdot 10^{-3}$ pCi Cs-137/m³, valeurs situées dans l'ordre de grandeur de l'activité actuelle de l'air.

4.1.3. *Activité α*

Pour déterminer l'activité α de l'air, les filtres de Stein/AG furent mesurés chaque semaine avec la méthode en «couche épaisse». L'activité α totale à longue durée de vie, qui est produite principalement par le Po-210 naturel, resta continuellement inférieure même à la concentration maximale admissible pour le Pu-239 dans l'air respiré par la population générale (0,02 pCi/m³).

A titre d'application de la méthode d'extraction TTA (voir ci-dessus) des filtres à air de Morges, datant du 6. 10.-3. 11. et du 7.-31. 12. 1972 ont été analysés dans le but de déterminer le Pu-239. Les activités ainsi obtenues étaient de $2,3 \cdot 10^{-5}$ pCi Pu-239/m³ d'air, resp. $4,3 \cdot 10^{-5}$ pCi Pu-239/m³ d'air.

4.1.4. *Ar-37*

Dans les mesures de l'Ar-37 dans l'air de la troposphère (Prof. H. Oeschger, R. Studer, Université de Berne) l'augmentation du 12 octobre 1971 due à une explosion souterraine et mentionnée dans le rapport de 1971 fut encore détectable jusqu'en mars 1972. Depuis mars 1972 les valeurs mesurées se situaient à nouveau entre 0,002 et 0,006 pCi Ar-37/l Ar, l'activité naturelle de la troposphère étant d'environ 0,001 pCi Ar-37/l Ar. Dès le 12 septembre une nouvelle augmentation de la teneur en Ar-37 est intervenue dans les échantillons de Berne; elle devait atteindre une valeur maximale de $0,812 \pm 0,006$ pCi Ar-37/l Ar. Là-dessus, des échantillons d'Ar furent demandés dans divers pays. Comme il ressort de la fig. 4, la contamination s'est répandue en deux mois de manière homogène sur tout l'hémisphère nord jusqu'à une latitude de 20°. L'équateur agit comme une barrière, ainsi que le montre l'échantillon de Sidney. La raison de cette pollution est supposée être une explosion nucléaire souterraine du 28. 8. 1972 à Nowaja Semlja.

4.1.5. *Retombées des bombes atomiques chinoises du 7. 1. et du 8. 3. 1972*

Le passage du nuage de produits de fission de la bombe atomique du 7 janvier a été enregistré au Jungfrauoch les 16/18 janvier ($8,3$ pCi/m³) et les 24/25 janvier ($2,7$ pCi/m³); celui de la bombe du 18 mars, les 30. 3./1. 4. ($2,5$ pCi/m³). Au Weissfluhjoch, une pointe de $2,3$ pCi/m³ d'air ne devait apparaître que les 25/26 janvier. Ces résultats de mesures inattendus se laissent expliquer, selon une communication de l'Institut suisse de météorologie*, par la reconstitution

* Nos remerciements vont au Dr M. Schüepp pour ces éclaircissements.

de la trajectoire du nuage radioactif à partir du Sinkiang, le 7 janvier. De là, les masses d'air atteignirent, en se déplaçant sur une ligne ouest-est à une altitude de 300 mb, les Alpes occidentales le 16 janvier. Elles stationnèrent quelque temps sous l'influence d'un puissant anticyclone (16/18 janvier au Jungfraujoch) pour être ensuite transportées, sous l'influence d'un tourbillon, au-dessus de la mer Méditerranée via l'Espagne, l'Afrique du Nord, la Yougoslavie, jusqu'en Italie du Nord et à nouveau sur les Alpes occidentales (Jungfraujoch 24/25 janvier). Une nouvelle phase de vent d'ouest chassa les masses d'air contaminé vers l'est (25/27 janvier au Weissfluhjoch) d'où elles devaient être refoulées définitivement à l'est par une invasion d'air maritime sous l'influence d'une basse pression en Mer du Nord.

L'examen au spectromètre γ des produits de fission de la bombe du 7. 1. 1972 porta: sur les récoltes d'un filtre de vol à haute altitude du 17. 1. à 10 700 m d'altitude (tropopause 11 000 m), sur deux parties de filtre de la station du Jungfraujoch du 15.-19. 1. et du 23.-27. 1. et sur un échantillon global des filtres à air des six stations au sol. Le spectromètre d'un filtre de vol à haute altitude du 17 janvier (HF-7202) enregistré avec une diode Ge-Li est représenté dans la figure 5. Le tableau 3 résume les résultats de l'exploitation de ce filtre et des parties de filtre de l'installation de surveillance du Jungfraujoch du 15.-19. 1. et du 23.-27. 1. De même que dans les précédents rapports (1969, 70, 71), l'activité est représentée par le nombre de fissions qui a conduit à l'activité mesurée.

Le mélange des isotopes de produits de fission avait peu subi d'effets de fractionnement; les déviations maximales des proportions d'isotopes déterminées par rapport à un mélange normal d'isotopes de fission de Pu-239 furent d'environ 40%. Seule la discrimination de Zr-95 est frappante; celle du gaz rare Xe-133 est évidente. Les valeurs trop élevées de Ce-144 proviennent de restes d'explosions antérieures. La présence d'U-237 ne put pas être démontrée, ce qui permet d'exclure une fission d'U-235 ainsi que d'U-238, ce dernier ayant cependant été présent dans la bombe; à partir du nombre de $0,13 \pm 0,02$ noyau Np-239 par fission, déterminé à l'aide du filtre à air à haute altitude HF-7202, on peut évaluer le rapport des quantités d'U-238/Pu-239 dans la bombe à env. 1. Dans les filtres du Jungfraujoch le Np-239 ($T_{1/2} = 2,35$ d) avait déjà disparu lors des mesures.

Pour comparer l'activité de l'air à différentes altitudes lors du premier passage des produits de fission, le 17. 1., on utilisa le Ba-140. L'activité du Ba-140 était, dans le filtre à air à haute altitude (10 700 m) de 0,21 pCi/kg d'air, sur le Jungfraujoch (3400 m) de 0,53 pCi/kg et au sol, pour la moyenne des six stations, de 0,12 pCi/kg d'air, ceci en admettant que la durée de passage des produits de fission au niveau du sol ait été de 48 h (estimation à l'aide des bandes enregistrées du Jungfraujoch).

L'activité des retombées du 18. 3. 1972 a été déterminée au moyen de l'analyse par diode Ge-Li de six filtres à air de haute altitude (tabl. 4). Du rapport noyaux U-237/nombre de fissions = 0,15 (cf. rapport 1969) ressort que le matériau de fission était l'U-238 et qu'il fut fissionné principalement par des neutrons

rapides. Le rapport noyaux Np-239/nombre de fissions = env. 1 indique un taux de fission du manteau d'U-238 faible par rapport à celui de capture de neutrons.

Outre les filtres à air à haute altitude, l'examen systématique porta aussi sur les filtres à air et les échantillons de précipitations des différentes stations de surveillance. Les activités de ces échantillons étaient toutefois beaucoup plus faibles que celles de filtres à haute altitude.

Le fait marquant dans tous ces échantillons était le nombre important de «particules chaudes» (fig. 6), ce qui permit l'analyse γ de particules chaudes en groupes, voire isolés.

Du filtre HF 7204 furent récoltés, sur la base des autoradiographies, deux groupes de huit particules chaudes chacun, en vue de l'analyse spectroscopique γ . Le groupe A contient des particules dont la limite de la tache noire est nette; le groupe B ceux dont la limite est floue. Comme les échantillons A et B présentent environ le même effet de fractionnement (voir tableau 5), la limite nette, respectivement floue de la tache peut être expliquée par la profondeur de la position de la particule chaude dans le filtre. D'autre part, une particule chaude du type de ceux du groupe A est analysé comme échantillon séparé C. D'un autre filtre de vol (6./7. 4. 1972) furent récoltés huit particules pour une analyse D. L'échantillon E contient le dépôt d'une plaque de vaseline qui fut exposée du 23. 3.-7. 4. 1972 dans l'IFR et l'échantillon F, une particule chaude isolée du filtre à air de la station de Fribourg de la semaine du 30. 3.-7. 4. 1972 (fig. 7).

Dans le tableau 5 sont reportés les fractionnements, parfois importants, des nucléides de fission de ces échantillons A-F, relatifs au Ce-141 (fission d'U-238) et par ailleurs, pour la comparaison, ceux de l'ensemble du filtre HF-7204. Le fractionnement est peu marqué dans ce filtre; il reste à l'exception du gaz rare Xe-133 et du Ce-144 à longue durée de vie, inférieur à un facteur 2.

Les échantillons A, B et C présentent entre eux sensiblement le même fractionnement, augmenté par rapport au filtre HF-7204. Les isotopes Mo-99, Nd-147, Zr-95 et Ce-144 apparaissent plus abondants que l'isotope de référence Ce-141, tandis que les Te-132, Xe-133, Ba-140 et particulièrement Ru-103 sont raréfiés.

Dans l'échantillon de vaseline E, les isotopes volatiles se sont évaporés, probablement lors de la fabrication de la préparation.

Dans le fractionnement de l'échantillon F, on remarque que l'abondance relative au Ce-141 de tous les isotopes mesurables est environ deux fois plus grande que dans l'échantillon D (pour Ce-144, facteur 1,3). On peut en déduire que pour l'échantillon F, l'isotope Ce-141 utilisé pour la normalisation a été discriminé d'un facteur 2 par rapport à l'échantillon D.

Le rapport entre les Zr-95 et Ru-103 est intéressant. Il est d'environ 2 pour le filtre entier et varie entre 8 dans l'échantillon B et 50 dans les échantillons D et F.

Les spectres α des filtres à haute altitude HF-7202 (17. 1. 72, fig. 2) et HF-7209 (2. 5. 72), enregistrés avec la chambre d'ionisation à grille, confirment les hypothèses suivantes:

La plus grande partie de l'activité α , également dans la troposphère supérieure, provient du Po-210 naturel. A l'origine, des émanations de Rn-222 s'échappent de la croûte terrestre et se désintègrent rapidement en Pb-210 à longue durée de vie (22a). Celui-ci diffuse jusqu'à des altitudes élevées, ce qui y explique la présence de son produit de désintégration Po-210. Parmi les émetteurs α détectés, les Pu-239, Pu-240, Am-241 (depuis Pu-241 β^-) et Np-237 (depuis U-237 β^-) sont créés lors d'explosions nucléaires. L'U-238 et l'U-234 proviennent d'explosif non fissionné, tandis que le Pu-238 a été introduit dans l'atmosphère lors de la combustion accidentelle de la batterie nucléaire d'un satellite en 1964.

4.2. Précipitations

4.2.1. Activités totales β et γ

La moyenne sur les stations de l'activité spécifique β totale des précipitations a diminué par rapport à 1971. Ceci devait influencer également l'activité totale accumulée au sol par les précipitations ainsi que cela ressort du tableau suivant :

*Comparaison de l'activité des précipitations 1971/72,
moyenne sur cinq stations*

| <i>Année</i> | <i>Précipitations mm</i> | <i>Activité spéci- fique moyenne pCi/l</i> | <i>Activité moyenne accumulée au sol mCi/km²</i> |
|--------------|------------------------------|--|---|
| 1971 | 1038,8 | 23 | 24,1 |
| 1972 | 1085,5 | 17 | 18,0 |

Les moyennes mensuelles des différentes stations sont reportées dans le tableau 6; la figure 8 montre les résultats de la station La Valsainte.

L'activité accumulée au sol à Locarno par les poussières sèches (tabl. 7) fut bien plus faible, en 1972 également, que celle accumulée par les précipitations (1,0 mCi/km² contre 27,0 mCi/km²).

Un nouvel échantillon de neige a été pris à Fribourg le 26. 1. 1972 et analysé au spectromètre γ . Comme l'année précédente (voir rapport 1971), aucun émetteur γ hormis une faible activité de Cs-137 n'a été détecté.

4.2.2. Tritium

Les résultats des mesures de tritium effectuées à l'Institut de physique de l'Université de Berne (Prof. H. Oeschger, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler) sur les échantillons d'eau de pluie sont reportés dans le tableau 8 et la figure 9. Depuis septembre 1972, des échantillons de précipitations destinés à l'analyse du tritium sont récoltés également à Locarno, de sorte qu'il existe maintenant une station au sud des Alpes.

Pour toutes les stations, la subite augmentation de courte durée de la concentration en tritium entre le 8 et le 10 juin (tabl. 8), est particulièrement frap-

pante. Il semble s'agir d'une immission de tritium relativement locale. Pour ce dépôt supplémentaire de tritium, on peut calculer les valeurs suivantes, si l'on admet pour l'eau de pluie en juin une concentration naturelle de 1000 pCi/l:

Berne 0,9 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2$, Guttannen 0,8 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2$, Grimsel 0,3 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2$. Une estimation (hypothèse 0,5 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2$ sur la région touchée de quelque 10^4 km^2) montre que, en plus du dépôt naturel, environ 5 kCi de tritium ont été précipités, ce qui correspond à environ 2% de la quantité annuelle de tritium importée en Suisse. Cependant, comparée à la concentration maximale admissible pour la population générale de tritium dans l'eau potable (1 $\mu\text{Ci}/\text{l}$ en cas de consommation courante durant 30 ans), l'activité spécifique en tritium de l'eau de pluie fut encore faible.

On est en présence du cas intéressant où le tritium a pénétré dans l'air hors des limites de la Suisse et a été précipité aux points de mesure par les pluies.

La moyenne annuelle pondérée par les quantités de précipitation atteint pour Berne 1540 pCi T/l d'eau de pluie, soit 1,75 fois le résultat de 1971 et, sans les valeurs élevées de juin, 0,64 fois.

4.3. Les eaux de surface, de fond et usées

4.3.1. Eau et vase de la citerne de Saulcy/BE

L'activité β totale (pour les émetteurs avec énergie $\beta > 0,16 \text{ MeV}$) dans l'eau de citerne fut toujours inférieure à 10 pCi/l, ainsi que les mesures à l'EAWAG, Dübendorf (Prof. W. Stumm, Dr M.M. Bezzegh) le montrèrent. Elle resta donc bien inférieure aux 30 pCi/l de la concentration maximale admissible en permanence pour un mélange non analysé (sans Ra-226 et Ra-228) dans l'eau potable de la population générale. Pour la vase de la même citerne, on obtint, comme lors des années précédentes, une activité β totale de 200 à 400 pCi/g de matière sèche (tabl. 9).

4.3.2. Eau de surface et eau souterraine

La récolte continue d'échantillons par l'IFR donna une moyenne annuelle de l'activité de l'eau de l'Aar (énergie $\beta > 0,16 \text{ MeV}$):

| <i>Aar</i> | <i>En amont de l'IFR</i> | <i>En amont de la CN Beznau</i> | <i>Centrale de Klingnau</i> |
|------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| pCi/l | $4,6 \pm 0,6$ | $4,1 \pm 0,6$ | $3,6 \pm 0,6$ |

Il en résulte que dans l'Aar aucune augmentation mesurable de l'activité de l'eau de la rivière ne peut être imputée aux installations des réacteurs. De même pour les échantillons prélevés par l'IFR et par l'EAWAG dans d'autres eaux de surface, aucune aggravation de l'activité totale β (énergie $\beta > 0,16 \text{ MeV}$) ne put être établie. Les échantillons d'eaux de surface et souterraine prélevés et analysés dans le cadre de la Communauté de travail pour le contrôle de la radioactivité des denrées alimentaires (ARL), montrèrent tout aussi peu d'aggravation de l'activité β (échantillons mensuels extraits du Rheintaler-Binnenkanal près de Oberriet, du Rhin près de Fussach et du Bregenzer Aach, mesurés au Laboratoire cantonal de St-Gall; 14 échantillons extraits du lac de

Zurich et de l'eau souterraine de la région de Zurich, mesurés au Laboratoire de la ville de Zurich; de l'eau du lac des Quatre-Cantons, mesurée au Service fédéral de l'hygiène publique).

Les échantillons d'eau souterraine récoltés trimestriellement en six points de la région de Würenlingen-Beznau par l'IFR donnèrent sans exception une activité spécifique β totale < 3 pCi/l (énergie $\beta > 0,16$ MeV). De même, les échantillons d'eau souterraine récoltés par l'EAWAG dans les régions de Mühleberg et de Lucens étaient inactifs.

L'activité α des eaux du Rhin de Stein am Rhein et Kembs fut mesurée par un détecteur à grande surface à l'EAWAG sur les échantillons recueillis une à deux fois par mois.

Ces mesures donnèrent les moyennes annuelles pour les stations

| | 1970 | 1971 | 1972 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Stein a. Rhein | $0,79 \pm 0,08$ pCi/l | $0,80 \pm 0,03$ pCi/l | $0,8 \pm 0,1$ pCi/l |
| Kembs | $0,96 \pm 0,09$ pCi/l | $0,72 \pm 0,03$ pCi/l | $1,0 \pm 0,1$ pCi/l |

Par rapport aux années précédentes où l'activité α était mesurée à Bâle par la méthode «couche épaisse», les résultats de 1972 mesurés au détecteur à grande surface ne montrèrent pas de déviation significative. De même, les mesures sur un échantillon unique, lequel a été prélevé selon le nouveau plan de mesure (voir ci-dessus) le 5. 1. 1972 à Stein am Rhein et analysé pour comparaison à l'EAWAG et avec la méthode en «couche épaisse» à Fribourg, sont en accord, soit $0,7 \pm 0,1$ pCi/l à l'EAWAG et $0,75 \pm 0,1$ pCi/l à Fribourg.

La teneur en tritium des échantillons de Stein am Rhein et Kembs a été également déterminée à l'EAWAG. Tous les résultats sont situés entre 600 et 1000 pCi/l d'eau du Rhin. L'activité en tritium du Rhin est donc du même ordre que celle de l'eau de pluie (voir p. 223).

4.3.3. Eau résiduaire

4.3.3.1. Industries travaillant avec des radionucléides

Depuis le début de l'année 1972 les analyses à l'EAWAG des eaux résiduaires de la fabrique de peintures luminescentes de Teufen/AR, de la Cerberus SA à Männedorf/ZH et de La Chaux-de-Fonds portent, en plus de l'activité spécifique β totale (énergie $> 0,16$ MeV), sur le tritium et en outre pour celles de Cerberus SA (travaillant avec de l'Am-241) sur les émetteurs α (mesurés à Fribourg).

Les résultats pour l'activité totale β et tritium sont résumés au tableau 10. Les concentrations maximales admissibles pour les eaux résiduaires selon l'article 107 de l'ordonnance concernant la protection contre les radiations du 19. 4. 1963 (1000 pCi/l de mélange non analysé d'émetteurs β , $3 \cdot 10^7$ pCi tritium/l) n'ont été atteintes dans aucun des échantillons.

Les mesures de l'activité α ont été effectuées par la méthode de la «couche épaisse», pour l'échantillon le plus actif le spectre α a de plus été enregistré dans la chambre d'ionisation à grille (fig. 2). Le tableau suivant résume les résultats des mesures :

Activité des eaux résiduaires de Cerberus (pCi/l)

| <i>Date du prélèvement</i> | <i>α-total</i> | <i>Spectre α</i> |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 6. 3. | $10,9 \pm 1,1$ | $9,8 \pm 0,9$ pCi Am-241/l |
| 2. 5. | $1,1 \pm 0,3$ | — |
| 8. 8. | $3,3 \pm 0,3$ | — |
| 29. 11. | $1,3 \pm 0,3$ | — |

Les deux méthodes de mesure du rayonnement α concordent bien. La concentration maximale admissible pour l'Am-241 dans les eaux résiduaires (4000 pCi/l) n'a de loin pas été atteinte.

4.3.3.2. Centrale nucléaire de Lucens (CNL)

Les travaux de nettoyage de l'ancienne Centrale nucléaire de Lucens ont été terminés le 30. 9. 1972. Des quatre prises d'échantillons prescrites, deux furent effectuées avant cette date. Lors du prélèvement du 19. 7. deux échantillons ont été pris dans une citerne collectrice à un quart d'heure d'intervalle, afin de déterminer quelle dispersion on peut attendre pour des échantillons réputés identiques. Alors que les concentrations en Cs-137 étaient pratiquement égales dans les deux échantillons, celles de Ce-144 donnaient 40% de moins pour le deuxième échantillon que pour le premier. Tant que les concentrations sont bien inférieures aux valeurs admissibles, de telles déviations, qui se présentent toujours lors d'échantillonnages au hasard, ne jouent pas de rôle. Un autre échantillon, du 31. 10., contenait de l'eau de la station de pompage dans laquelle sont recueillies, depuis l'arrêt des opérations de nettoyage, toutes les eaux résiduaires de la Centrale, avant d'être déversées dans la Broye après contrôle. Le dernier échantillon de 1972 (29. 12. 1972) a été extrait du bassin récoltant, sous la caverne du réacteur, les eaux suintant à travers les parois intérieures de la caverne; celles-ci sont ensuite conduites à la citerne n° 3, où elles se mélangent avec le reste des eaux résiduaires. Deux échantillons de ces eaux de suintement ont été transmis pour contrôle au Laboratoire de Fribourg par la CNL (2. 10. et 21. 12.).

Les résultats de l'analyse de ces échantillons sont regroupés dans le tableau 11. Il en ressort que toutes les eaux résiduaires examinées pouvaient conformément aux prescriptions être déversées dans la Broye avec le débit maximum prévu de 1 litre/s.

D'après les données de la CNL, la Centrale a déversé dans la Broye les activités β totales mensuelles résumées dans le tableau 11b. On y voit que, dans les eaux résiduaires, la concentration mensuelle admissible en radionucléides auto-

risée par les prescriptions pour un mélange non analysé (100 000 pCi/l, ou 0,1 mCi/m³) n'a pas été dépassée et que la quantité totale de radionucléides déversée est restée au-dessous des limites de l'activité autorisée (après la fin des opérations de nettoyage 250 mCi/a depuis octobre 1972, auparavant 500 mCi/a). De plus il faut remarquer que, d'après les analyses (cf. tabl. 11a), l'origine de la plus grande partie de l'activité dans les eaux résiduaires, est dans des isotopes dont les concentrations maximales admissibles sont plus élevées que celle, limite pour un mélange non analysé, du Sr-90.

Parmi les échantillons d'eau de la Broye prélevés en même temps que les eaux usées de la CNL, seul l'échantillon extrait le 23. 5. accusait une activité supérieure à 200 pCi/l. L'analyse effectuée, conformément aux prescriptions, conduisit aux résultats suivants:

| | <i>Activité (pCi/l)</i> | <i>Maximum autorisé dans la Broye (pCi/l)</i> |
|------------------------------|-------------------------|---|
| β -total (non analysé) | 480 \pm 50 | 50 |
| Ce-144 | 42 \pm 10 | 5 000 |
| Cs-137 | 430 \pm 50 | 100 000 |
| Sr-90 | 5 \pm 1 | 50 |

L'analyse montre clairement que l'eau de la Broye n'atteint de loin pas, en tenant compte de la composition de l'activité, les concentrations en radionucléides maximales admissibles.

4.3.3.3. *Institut fédéral de recherches en matière de reacteurs, Würenlingen (IFR)*

Le tableau 12 résume les concentrations en radioisotopes des cinq échantillons d'eau résiduaire prélevés à l'IFR.

Pour tous les échantillons d'eau résiduaires que la CFR a prélevés l'activité était bien inférieure aux concentrations admises.

Selon les prescriptions un mélange non analysé dans l'eau résiduaire ne peut être déversé dans l'Aar qu'à raison de 10⁷ pCi/s au maximum. Si la concentration de l'eau résiduaire ne peut pas être ramenée au-dessous de 10⁵ pCi/l par une dilution ou par l'attente de la décroissance, on doit en envoyer un échantillon à la CFR pour analyse. Conformément à cela, nous avons reçu un échantillon de l'IFR le 11. 1. 72. Par comparaison des résultats d'analyse (tabl. 12, col. 2) avec les rejets admissibles d'activité (col-7, l'isotope Sb-124 aurait limité le taux de rejet à 2.10⁹ pCi/s. En réalité cet isotope a été déversé dans l'Aar avec l'eau résiduaire à un taux de 1 l/s soit 10⁸ pCi/s.

4.3.3.4. *Centrale nucléaire de Beznau (KKW Beznau)*

La Centrale nucléaire Beznau II a travaillé durant l'année 1972 avec une autorisation de mise en exploitation valable jusqu'au 31. 12. 1972. Les eaux résiduaires des centrales I et II sont recueillies ensemble et leur activité examinée avant le déversement dans l'Aar.

Les résultats des analyses de quatre échantillons extraits des bassins collecteurs de la KKW Beznau, d'où les eaux sont déversées dans l'Aar, sont regroupés dans le tableau 13. Les concentrations de l'activité se situaient toujours bien au-dessous des valeurs admises.

La CFR effectua, en accord avec la KKW Beznau, des échantillonnages de l'eau en divers points du circuit fermé, puis les analyses au spectromètre γ . La comparaison des concentrations mesurées pour les radioisotopes détectés montra une bonne concordance entre les mesures faites à la KKW Beznau et à Fribourg (à l'IFR pour H-3).

4.3.3.5. Centrale nucléaire Mühleberg (KKW Mühleberg)

Les échantillons de l'eau, de plancton/substances en suspension et de plantes aquatiques, en amont et en aval de la Centrale, ainsi que de poissons du bassin de retenue de Niederried, ne présentèrent aucun accroissement significatif de l'activité.

4.3.4. Plancton/substances en suspension, plantes aquatiques et poissons

Entre l'activité β totale ($>0,16$ MeV) des échantillons de plancton/substances en suspension, plantes aquatiques et poissons de cette année (tableau 14 et fig. 10–12) et celle des années précédentes, aucune différence systématique n'a été trouvée. Seule à l'endroit dit: «Broye en aval du déversoir d'eaux résiduaires de la Centrale nucléaire Lucens» une augmentation d'un facteur 10 de l'activité dans le plancton/substances en suspension a été détectée à fin mai (tableau 14b, fig. 11). On sait que ce type d'échantillon permet une détection sensible, par suite de l'effet de concentration, de l'activité de l'eau. Une mesure indiqua une activité β totale (relative au K-40) de 384 ± 25 pCi/g matière sèche. D'après l'analyse, l'activité était principalement due à 500 ± 50 pCi Cs-137 et à 60 ± 6 pCi Sr-90 par g de matière sèche. L'activité β d'un échantillon collecté une semaine plus tard présenta une forte diminution de l'activité; en août la situation était à nouveau normale. Comme les échantillons recueillis en amont du déversoir ne présentaient pas cette anomalie, il faut en déduire que la substance radioactive a été déversée dans la Broye par la Centrale de Lucens. Il faut remarquer que les échantillons d'eau extraits de la Broye à la même époque ne présentèrent point d'augmentation de l'activité. Dans les années 1962/63 également une activité β du plancton de l'ordre de 300 pCi/g de substance sèche a été provoquée par les retombées radioactives sans causer de danger.

4.4. Le sol, le foin, le lait

4.4.1. Au voisinage des réacteurs

Suivant le nouveau plan d'échantillonnage, des extraits de sol et de foin sont prélevés annuellement dans le voisinage des installations de réacteurs. L'analyse porte sur le spectre γ et, pour le foin, sur la détermination du Sr-90. Pour le lait de la région IFR-CN Beznau l'analyse des émetteurs γ est faite à Fribourg, celle des oxalates et du Sr-90 au Laboratoire cantonal de Bâle. Les

résultats sont reportés sur le tableau 15. Ils sont compatibles avec ceux des postes de mesure d'Arenenberg, de Grangeneuve et de la Suisse orientale.

4.4.2. Arenenberg, Davos-Stillberg, Grangeneuve

Les tableaux 16–18 contiennent les résultats d'analyse des échantillons d'Arenenberg, Davos-Stillberg et Grangeneuve. Les valeurs correspondantes obtenues depuis le début des mesures sont représentées dans les figures 13–18. Par rapport à 1971, un recul considérable de l'activité du Cs-137 de l'herbe a été mis en évidence dans toutes les stations. Pour le lait, la diminution correspondante a été plus faible. Aucun effet de ce type n'a été mis en évidence pour le Sr-90.

Durant les dernières années, la teneur en Sr-90 et Cs-137 du fourrage et du lait a été à Davos d'un ordre de grandeur supérieure à celle du plateau. Comparé aux valeurs indicatives pour une consommation courante, soit 340 pCi Sr-90/l de lait et 30 000 pCi Cs-137/l de lait, la teneur en ces radionucléides est faible également à Davos-Stillberg.

4.4.3. Fourrage – lait, Suisse orientale

Les échantillons mensuels de fourrage et de lait de la Suisse orientale montrent également une diminution de l'activité dès la période d'estivage (tableau 19, fig. 19 et 20). Une comparaison des activités moyennes (mai–octobre) des années 1971 et 72 fait apparaître clairement la diminution de Cs-137 et celle, plus faible, du Sr-90 dans le fourrage et le lait :

Activité moyenne en pCi/kg de fourrage et de lait durant la période d'estivage

| | <i>Cs-137</i> | | <i>Sr-90</i> | |
|------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| | <i>Fourrage</i> | <i>Lait</i> | <i>Fourrage</i> | <i>Lait</i> |
| 1971 | 470 ± 30 | 19,2 ± 1,5 | 520 ± 40 | 9,8 ± 0,4 |
| 1972 | 230 ± 20 | 9,3 ± 1,2 | 450 ± 40 | 7,5 ± 0,4 |

Le comportement différent de ces deux isotopes s'explique par le fait bien établi que le Cs-137 dans le sol est fortement lié et que, par conséquent, il n'atteint la plante pratiquement que par l'air et les précipitations, alors que le Sr-90 est tiré par la plante également du sol. La diminution de l'activité de l'air agit donc plus sur l'absorption de Cs et moins sur celle de Sr.

Une comparaison des figures 19 et 20 montre ce comportement d'une manière encore plus nette. Ainsi depuis 1963, époque des retombées maximales, jusqu'en 1972, l'activité du Cs-137 dans le lait s'est réduite à 3–4%, celle du Sr-90 à environ 15%. Alors qu'en 1963, l'activité du Cs-137 était cinq fois plus élevée que celle du Sr-90, les deux isotopes montrèrent en 1972 environ la même activité.

4.4.4. Mesures du lait de ARL

Les mesures de l'activité des oxalates et du Sr-90 dans le lait des laiteries bernoises de la plaine et de Mürren, ainsi que dans le lait en poudre du canton

de Vaud, sont résumées pour l'année 1972 dans le tableau 20a. Les résultats correspondants du Sr-90 pour toute la période de mesure sont reportés dans les figures 21 et 22.

L'activité de la fraction oxalate du lait a son origine principalement dans le Sr-90 et son produit de désintégration Y-90. Par contre, le K-40 et le Cs-137 n'y sont pas contenus. Le Ce-144, qui aurait également passé dans la fraction oxalate, n'a pas atteint le lait.

Dans le lait le rapport de l'activité Sr-90 à l'activité des oxalates (Sr-90 + Y-90 en équilibre) est de 0,50. L'isotope d'étalonnage utilisé pour le précipité d'oxalates (épaisseur de l'échantillon env. 50 mg/cm²) est le K-40. Le rayonnement β mou du Sr-90 étant beaucoup plus absorbé dans l'échantillon que celui à énergie plus élevée du K-40, on trouve une activité trop faible de l'oxalate. Pour la détermination du Sr-90, on sépare son produit de désintégration Y-90 (5 mg/cm²) qui est mesuré et mis en rapport avec son étalon. L'activité Sr-90 ainsi déterminée est plus élevée que celle, trop faible, obtenue par la mesure de l'oxalate. Par conséquent, le rapport mesuré activité Sr-90 sur activité de l'oxalate est de 0,70 au lieu de 0,50 comme indiqué plus haut.

Par rapport à 1971, l'activité du Sr-90 des échantillons des trois stations a décru de 10 à 30%. Les mesures de Sr-90 sont en accord avec celles réalisées par la CFR. Elles montrent également que la teneur en Sr-90 dans le lait est bien plus élevée à la montagne qu'en plaine.

Les mesures faites aux Laboratoires cantonaux de Bâle et de Coire confirment les résultats ci-dessus (tabl. 20b et c). A Coire, les mesures furent interrompues en juillet.

Les mesures du fourrage (herbe et foin) donnèrent les résultats suivants

| Désignation de l'échantillon | Origine | Date | Activité spécifique | | Strontium-90 | |
|---------------------------------|----------|---------|---------------------|------------------------------|--------------|-----|
| | | | totale pCi/kg | dépôt d'oxalate pCi/kg | pCi/kg | SU |
| Herbe séchée | Mürren | 6. 6. | 23 000 | 3100 | 1200 | 117 |
| Foin | Mürren | 24. 10. | 17 000 | 8300 | 1600 | 143 |
| Herbe séchée | Liebfeld | 28. 9. | 15 000 | 1000 | 300 | 26 |

Ici également, il ressort que, autant dans le foin que dans l'herbe de Mürren, la teneur en Sr-90 est bien supérieure à celle de plaine.

4.4.5. *Mesure du lait par le Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (SCCI)*

Les mesures du lait de Genève, par le Service cantonal de contrôle des irradiations (D^r M. Cosandey), donnèrent des activités du Cs-137 au seuil de la sensibilité des appareils. Une revue des résultats des déterminations du Cs dans le lait, effectuées à Genève dès 1963, est présentée sur la figure 25.

4.5. Eau potable, céréales, pain et autres denrées alimentaires (ARL)

4.5.1. Eau potable

Les échantillons d'eau potable analysés à Bâle (5 échantillons), St-Gall (53 échantillons des services de distribution de l'eau des villes de St-Gall, Rorschach, Lindau et Bregenz) et Zurich-ville (10 échantillons) montrèrent sans exception une activité β totale ($E\beta > 0,16$ MeV) voisine du seuil de sensibilité, donc bien inférieure aux concentrations maximales admissibles.

4.5.2. Céréales, produits de mouture, pain

Les activités des céréales de la moisson 1971 et de leurs sous-produits moulus ont été mesurées comme chaque année au Service fédéral de l'hygiène publique; les résultats sont reproduits dans le tableau 21. La figure 23 montre la valeur moyenne de six stations depuis le début des mesures. Les valeurs en pCi Sr-90/g Ca (1 unité Strontium = 1 pCi Sr-90/g Ca) n'ont pas varié de manière systématique depuis 1967. Les différences en activité des céréales provenant des cinq stations au nord des Alpes sont si faibles qu'un échantillon mélangé du produit moulu est suffisamment représentatif. Comme d'habitude, les échantillons de Bellinzone montrent une activité plus élevée que ceux des autres stations.

Au Laboratoire de la ville de Zurich, dix échantillons de pain bis prélevés le même jour (11. 9.) ont été analysés quant à l'activité β totale et l'activité des oxalates. Les échantillons montrèrent une activité des oxalates entre 30 et 60 pCi/kg à l'exception d'une seule valeur de 103 pCi/kg. Cette valeur est également à l'intérieur des tolérances.

4.5.3. Diverses denrées alimentaires

Des échantillons de fruits, de légumes, de poissons et de champignons ont été mesurés au SFHP et au Laboratoire cantonal de Bâle. Les activités déterminées (tabl. 22) ne donnent lieu à aucune remarque.

4.6. Contamination du corps humain

4.6.1. Sr-90 dans les os

Depuis 1960, des os d'adultes sont examinés pour la détermination du Sr-90 par l'Institut d'électrochimie et de radiochimie EPF Lausanne. Les mesures des années 1971 et 1972 donnèrent les résultats, en unité Sr (SU), rassemblés dans le tableau 23a. Il est tenu compte des différences entre les divers genres d'os par un facteur de normalisation qui permet de conclure à une teneur moyenne en Sr-90 de tout le squelette. Le tableau 23b regroupe les résultats depuis le début des mesures. Il nous montre que la teneur maximale dans les os a été mesurée au courant de l'année 1967. La concentration autorisée dans le corps humain (70 SU, correspondant à une dose annuelle de 170 mrem dans les organes générateurs de sang) n'a de loin pas été atteinte, même au temps des contaminations les plus fortes. Les valeurs maximales pour la Suisse ont été mesurées au Tessin (1967 env. 3 SU). Au cours de l'année 1972 les moyennes régionales

varièrent entre 1,1 et 1,8 SU. Le tableau 23 donne une image générale de cette contamination des os dans les différentes régions de la Suisse. Le cours suivi par la contamination Sr/Ca des os peut être illustré au mieux par les échantillons de matière homogène d'une région donnée. Cela ressort de la figure 24 valable pour les vertèbres de personnes de la région de Lausanne. Si l'on regarde le tableau 23, on remarque que, de façon générale, les valeurs sont maximales au Tessin et minimales à Bâle.

4.6.2. Cs-137 dans le corps humain

Avec le compteur anthropospectrométrique de la Clinique universitaire pour la radiothérapie et la médecine nucléaire de l'Hôpital cantonal de Zurich (direction: Prof. W. Horst) Mlle I. Riehle, phys. dipl. effectua des mesures de teneur en émetteurs γ sur 50 femmes et 18 hommes. 44 femmes et 6 hommes appartenaient à la classe d'âge 19–22 ans, 4 femmes et 9 hommes étaient âgés de 23–27 ans, 2 femmes et 3 hommes étaient plus âgés. L'erreur statistique est trop grande pour qu'on puisse déterminer une différence systématique entre les différentes classes d'âge. Toutefois, entre les hommes et les femmes, la teneur en Cs-137 du corps présente une différence encore significative.

| <i>Valeurs moyennes pour 1972</i> | <i>50 femmes</i> | <i>18 hommes</i> |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Cs-137 dans le corps (pCi) | 2400 \pm 600 | 4100 \pm 800 |
| Poids du corps (kg) | 57 | 69 |
| gK/kg poids du corps | 1,58 \pm 0,16 | 1,87 \pm 0,20 |
| pCi Cs-137/gK | 26,5 \pm 6,8 | 31,7 \pm 5,5 |

Les résultats des mesures de l'activité K-40 et Cs-137 de 4 hommes et 5 femmes effectuées depuis plusieurs années au SCCI (Service cantonal de contrôle des irradiations, Dr M. Cosandey), sont reportés dans le tableau 24 et les moyennes mensuelles de l'activité depuis le début des mesures anthropospectrométriques, dans la figure 25. Depuis quelques années, les activités Cs-137 sont pratiquement constantes et faibles. Même lors du maximum (1964) les valeurs n'atteignirent que 10% environ de la contamination corporelle (body-burden) admissible (2000 pCi Cs-137/gK). Ce maximum correspond à une dose annuelle pour tout le corps de 5 mrem/an. Aujourd'hui, ce rapport est environ dix fois plus faible.

En nous appuyant sur les mesures de longue durée de Genève, nous avons recherché s'il peut être établi une corrélation simple entre le Cs-137 dans le lait et dans le corps humain. La connaissance d'une telle relation serait d'un grand intérêt lors d'une contamination à la suite d'accident.

Le Cs-137 absorbé avec la nourriture provient essentiellement des produits laitiers, de la viande et du pain. En Suisse, des valeurs de Cs-137 mesurées systématiquement ne sont disponibles que pour le lait. En faisant l'hypothèse

que la contamination suit le même cours dans les denrées alimentaires et dans les produits fourragers et que le passage du Cs-137 dans la nourriture est indépendant de l'importance de la contamination, il est possible de calculer l'activité du Cs-137 de la nourriture à partir de l'activité du lait de l'année en cours et des deux années précédentes (p.ex.: le pain produit par les deux moissons de céréales précédentes, contaminé proportionnellement au lait des années correspondantes).

La durée de vie biologique du Cs dans le corps humain est, selon l'âge et l'organe de 40 à 140 jours. La teneur en Cs-137 du corps est donc déterminée par les absorptions de Cs avec le lait durant les trois dernières années. Pour l'application du modèle, au lieu de prendre l'année civile, il a été choisi un calendrier plus adéquat suivant les périodes de végétation (mai-avril).

Dans le tableau 25 sont reportées, séparément pour les hommes et les femmes, les activités Cs-137 calculées et mesurées dans le corps (contamination corporelle). La table contient en outre les valeurs correspondantes des personnes dont la teneur en Cs-137 a été suivie sur une longue période. La concordance des valeurs de l'activité mesurée et calculée est bonne. La déviation des moyennes pour les femmes dès 1967 est probablement due à un échange d'individus présentant des différences notables de la teneur en Cs.

La bonne concordance entre les valeurs mesurées et calculées montre la fiabilité de la méthode, consistant à déterminer la contamination corporelle à partir de l'activité du Cs-137 du lait seul.

V. Résumé

Chaque augmentation de l'irradiation d'origine artificielle doit être examinée en rapport avec la dose d'irradiation naturelle interne et externe et de sa plage de variations. C'est aussi sous l'influence d'une irradiation naturelle que l'humanité s'est développée. Le tableau suivant donne une vue d'ensemble des différentes doses annuelles d'irradiation interne et externe en Suisse.

Le rayonnement cosmique dépend essentiellement de l'altitude alors que pour le rayonnement d'origine terrestre, les formations géologiques de la région habitée sont déterminantes. Au sujet de la dose d'irradiation naturelle relativement élevée des poumons, il faut remarquer qu'il ne s'agit là que d'une irradiation superficielle d'un seul organe.

En Suisse, la dose naturelle des gonades varie, selon le tableau ci-après, de 80-350 mrem/an, la moyenne pondérée écologique étant de 150 mrem/an.

Les mesures de la CFR ont pour but de déterminer l'irradiation supplémentaire due aux retombées radioactives de produits de fission de bombes atomiques, ainsi qu'aux rejets de radioisotopes par les «industries nucléaires». Par son programme de mesures précis elle peut également vérifier le succès des dispositions internes prises par les industries sur prescription de l'Ordonnance concernant la protection contre les radiations du 19. 4. 1963. De même, elle

Doses naturelles de rayonnement en Suisse en mrem/an

| | <i>Gonades</i> | <i>Os</i> | <i>Poumons</i> |
|--|----------------|--------------|----------------------------------|
| Externe: | | | |
| Rayonnement cosmique jusqu'à 2000 m d'altitude | 30- 80 | 30- 80 | 30- 80 |
| Rayonnement d'origine terrestre*, suivant les formations géologiques | 20-250 | 20-250 | 20-250 |
| Interne: | | | |
| K-40 | 20 | 15 | 20 |
| C-14 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Ra-226 | 0,2 | 10 | 0,2 |
| Th-228 | 0,3 | 10 | 0,3 |
| Pb-210; Po-210 | 3 | 40 | 3 |
| Rn-220; Rn-222 et produits de désintégration | 1 | 1 | ~ 100 alvéoles ~1000 bronches |
| Total | env. 80-350 | env. 130-400 | |

contrôle l'observance des sévères prescriptions régissant les rejets des centrales nucléaires.

Une nouvelle fois durant l'année 1972, le dépôt de retombées radioactives en Suisse a atteint un bas niveau. Ceci, grâce à l'absence durant les années 1971 et 1972 d'explosions de bombes atomiques de la gamme de la mégatonne dans l'hémisphère nord.

La décroissance des radionucléides à longue durée de vie qui sont implantés dans le corps (Sr-90, Cs-137) ne progresse que lentement. En effet le corps continue d'absorber un peu d'activité avec la nourriture, et l'élimination des nucléides implantés – spécialement le Sr-90 dans les os – peut s'étendre sur plusieurs années. Ainsi, les doses d'irradiation par le Sr-90 mesuré dans le corps n'ont pas diminué, en 1972, d'une façon significative par rapport aux valeurs déjà faibles, des années précédentes. Elles furent de l'ordre de 3 mrem/an par le Sr-90 dans les os et moins de 1 mrem/an par le Cs-137 dans tout le corps. Par rapport aux variations de la radiation naturelle en Suisse, ces valeurs sont négligeables.

Les mesures spécifiques au sujet du rejet de radionucléides par les «industries nucléaires», amenèrent aux conclusions réjouissantes que, à aucun endroit, un rejet inadmissible n'a été constaté. L'irradiation ainsi provoquée est de ce fait insignifiante.

* E. Halm, W. Herbst et A. Mastrocola, Annexe B no 6/1962 au Bulletin du SFHP du 22 déc. 1962.

Des mesures effectuées aux alentours des centrales nucléaires montrèrent que la concentration en radionucléides de plantes ne différa pas de celle mesurée à d'autres endroits du plateau. On n'a donc pu remarquer aucune influence sur l'activité de la nourriture et par conséquent sur l'irradiation interne de l'homme. De même, le rejet des centrales nucléaires dans les cours d'eau fut tel qu'aucune irradiation de la population n'a pu être causée. Le rejet de radioactivité par échappement d'air des centrales nucléaires, qui consiste pour la plupart en gaz rares ne se fixant pas dans le corps humain, conduit à des doses maximales pour la population aux alentours des centrales de moins de 10 mrem/an, valeurs à la limite du mesurable. Même pour des individus aux alentours des centrales nucléaires, l'irradiation artificielle est faible par rapport à la naturelle.

Une augmentation notable de l'activité n'a été établie que du 8 au 10 juin 1972 dans la région de Berne–Meiringen–Grimsel. Il s'agissait de tritium dans des échantillons d'eau de pluie présentant des valeurs de pointe de 17 000 pCi He-3/l d'eau de pluie (valeurs habituelles env. 1000 pCi/l). L'activité a atteint l'air hors des limites de la Suisse et a été précipitée sur la région indiquée par les pluies.

Parmi les diverses sources de l'irradiation artificielle que subit la population, la plus importante est due aux examens radiologiques. Une évaluation effectuée en 1957 a établi pour la Suisse, due aux examens radiologiques, une dose génétiquement significative de 22 mrem par an et par tête d'habitant. En 1971, une deuxième évaluation, dont les résultats ne sont pas encore connus, a été effectuée. Nous désirons exprimer ici le vœu que les médecins continuent à suivre en détail le problème de la dose d'irradiation par les applications médicales.

En résumé, on peut dire qu'en l'an 1972 également, la radioactivité de la biosphère suisse était faible. Ni l'utilisation croissante de radioisotopes dans l'industrie, la technique, ni l'exploitation des centrales nucléaires, ni les essais de bombes atomiques n'ont provoqué une notable augmentation de l'irradiation par rapport à l'irradiation naturelle. Il faut espérer qu'à l'avenir également les mesures de la CFR donneront lieu à des conclusions aussi heureuses.

Appendice

Le présent rapport contient les rapports annuels des membres de la CFR et des organismes ci-dessous, que nous remercions vivement de leur collaboration :

Communauté de travail pour la surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (D^r A. Miserez, Service fédéral de l'hygiène publique, Berne)

Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs, Würenlingen
(D^r F. Alder, D^r E. Nagel)

Institut d'électrochimie et de radiochimie, EPF Lausanne (Prof. D^r P. Lerch)

Institut de physique de l'Université, Berne (Prof. Dr H. Oeschger)

Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Dr M. Cosandey)

Clinique universitaire de radiothérapie et médecine nucléaire, Zurich (Prof. Dr. W. Horst, M^{lle} I. Riehle)

Pour le soutien efficace dans tous les problèmes nous exprimons notre reconnaissance au Service fédéral de l'hygiène publique (Dir. Dr A. Sauter) et à sa section de radioprotection (Dr W. Hunzinger). Nous sommes également reconnaissants pour l'aide précieuse de la Nestec SA, La Tour-de-Peilz, et aux personnes qui, dans les postes de la Commission, sont chargées des nombreuses récoltes d'échantillons.

Composition de la Commission :

Prof. Dr O. Huber, Université de Fribourg, président
Prof. Dr J. Rossel, Université de Neuchâtel, vice-président
P. Ackermann, Station aérologique de Payerne
Dr J.-L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
Prof. Dr W. Stumm, EPF Zurich
Prof. Dr J. Wellauer, Université de Zurich

Fribourg, le 14 juin 1973
