

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 17 (1973)

Rubrik: 17e rapport de la Commission fédérale de la radioacitvité pour l'année 1973, à l'attention du Conseil fédéral

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

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

17^e rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1973, à l'attention du Conseil fédéral

Par Prof. Dr O. Huber, Fribourg, président de la commission,
Dr J. Halter et Dr P. Winiger, Fribourg
(Traduction française par Dr B. Michaud, Fribourg)

1. Aperçu général

Ce rapport donne un aperçu de l'irradiation de la population suisse et contient les conclusions qui en découlent. Il se base sur les mesures de radioactivité des laboratoires suivants :

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

Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs (IFR), Würenlingen (Dr F. Alder, Dr E. Nagel).

Institut d'électrochimie et de radiochimie, EPF Lausanne (Prof. Dr P. Lerch, J. Geering).

Laboratoire de Fribourg de la Commission fédérale de la radioactivité (Prof. Dr O. Huber, Dr J. Halter, L. Ribordy, H. Völkle, Dr P. Winiger).

Institut de physique de l'Université de Berne (Prof. Dr H. Oeschger, Dr H. H. Loosli, U. Schotterer, Dr U. Siegenthaler, R. Stampfli, R. Studer, Dr W. Wiest).

Section de radiologie de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (IFAEPE), Dübendorf (Prof. Dr W. Stumm, Mme Dr M. Bezzegh).

Section de physique de la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA), Lucerne (E. Kaufmann).

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

La Commission fédérale de la radioactivité (CFR) a tenu en 1973 trois séances. Comme tâches particulières (cf. rapport annuel 1972, p. 214) durant cette année, il faut mentionner la collaboration à la révision partielle de l'ordonnance concernant la protection contre les radiations et, en coopération avec la Commission

pour la sécurité des installations atomiques (CSA), l'élaboration du règlement pour la surveillance de l'environnement auprès de la centrale nucléaire de Mühleberg (CN Mühleberg) des Forces motrices bernoises en rapport avec le rejet de radionucléides dans l'environnement (v. page 189). Des membres de la CFR ont en outre contribué à la poursuite de l'évaluation de l'enquête 1971 concernant la charge radiologique de la population suisse imputable aux diagnostics par rayons X (cf. rapport annuel 1972, p. 234).

La question des mesures à prendre dans le cas, improbable d'ailleurs, d'événement nucléaire dommageable est du ressort avant tout du Comité d'alarme de la CFR. Celui-ci a conçu et rédigé une brochure d'information intitulée «Danger de la radioactivité et mesures de protection possibles en cas de catastrophe nucléaire en temps de paix», dans laquelle sont décrites l'organisation d'alarme et les mesures de protection prévues. Elle s'adresse aux services qui assument une tâche importante dans l'information de la population, ainsi que dans la préparation et l'exécution de mesures de protection. Le manuscrit a été donné à l'impression par l'Office fédéral de la protection civile au mois d'octobre 1973. Le Comité d'alarme de la CFR a également collaboré à la réalisation d'un film d'information intitulé «Radiations», commandé par l'Union suisse pour la protection des civils. Ce film, dont la première a eu lieu au début de 1974, montre (de manière réaliste) le comportement que doivent adopter les autorités et la population lorsque des retombées radioactives consécutives à l'explosion à l'étranger d'une bombe nucléaire atteignent la Suisse et y provoquent une contamination.

Fort heureusement, la radioactivité dans la biosphère en 1973 a encore diminué par rapport à l'année précédente; il faut, il est vrai, s'attendre de nouveau à une légère augmentation en 1974, car les produits de fission de la bombe H de 1 à 2 Mt mise à feu le 27. 6. 73 à Lop Nor (République populaire de Chine) se déposeront probablement sur le sol après l'échange stratosphère-troposphère au printemps 1974. Des bombes nucléaires françaises de l'ordre de 5 à 10 kt ont explosé à Mururoa (Pacific Sud) les 21. 7., 28. 7. et 19. 8. 73; leur influence dans l'hémisphère Nord ne sera guère décelable.

2. Danger des rayonnements ionisants

Les mesures de la radioactivité et les conclusions qui en découlent sont à juger en considération de l'effet des rayonnements ionisants sur l'individu et la collectivité. Les fondements nécessaires à cet effet sont présentés sous une forme très simplifiée dans ce paragraphe.

La radioactivité est la propriété de noyaux atomiques de se désintégrer spontanément et de se transformer en d'autres noyaux atomiques par l'émission de rayonnements ionisants. Ceux-ci peuvent provoquer des modifications de structure de la cellule susceptibles de causer des lésions à l'individu. Les organes hématopoïétiques (moelle osseuse, ganglions lymphatiques) et les cellules qu'ils engendrent (leucocytes, lymphocytes, cellules plasmatiques), les gonades et les

gamètes (ovules, spermatozoïdes), les fœtus et les bébés, ainsi que certaines cellules cancéreuses sont particulièrement sensibles.

Les radiolésions peuvent être de nature somatique ou génétique. Les lésions somatiques se présentent chez l'individu irradié; on distingue les lésions somatiques précoces qui peuvent se manifester après une brève irradiation, et les lésions somatiques tardives (par ex. la leucémie ou d'autres formes de cancer) possibles après de nombreuses années, longtemps après la disparition d'un syndrome aigu ou comme conséquence d'une irradiation chronique étalée dans le temps. L'effet des rayonnements ionisants sur les chromosomes des gamètes, les porteurs des gènes, est également important. Il peut se produire des mutations qui n'affectent pas l'individu dont les cellules reproductrices ont été irradiées mais sa descendance, car le génotype modifié lui est transmis de génération en génération. De telles mutations sont souvent néfastes (lésions génétiques) pour certains individus de la descendance.

Pour la mesure de l'irradiation de corps biologiques, on utilise l'équivalent de dose. C'est une mesure du dommage causé au tissu vivant; il est égal à l'énergie absorbée par gramme de l'organe irradié multipliée par l'efficacité biologique sur l'homme des différentes sortes de rayonnements et par d'autres facteurs modifiants. Son unité est le rem.

Tous les effets biologiques produits par les rayonnements ionisants peuvent également être la conséquence d'autres causes (mutations spontanées, influences chimiques, effets de température, etc.). Une répartition de la fréquence des mutations cellulaires naturelles selon les causes n'est pas possible; en particulier, la composante due à l'irradiation naturelle (cf. rapport annuel 1972) ne peut pas être déterminée. Il n'est pas certain que celle-ci (~ 100 mrem/an) ait des effets néfastes ou qu'il existe un seuil au-dessous duquel des lésions cellulaires momentanées se guérissent complètement. A cause de cette incertitude, le premier principe de la radioprotection est d'éviter toute irradiation inutile.

L'établissement de limites admissibles d'équivalent de dose serait simple si un seuil était connu, au-dessous duquel aucune lésion ne se produit. De fait, aucune lésion somatique précoce n'a pu être constatée par suite de dose brève au corps entier inférieure à 15 rem. En ce qui concerne les lésions somatiques tardives, on dispose principalement des observations faites sur les survivants de Hiroshima et Nagasaki; quant aux effets génétiques, on en est réduit essentiellement à des expériences sur les animaux. Dans les deux cas, on ne peut pas conclure à l'existence d'un seuil.

Examinant consciencieusement et en permanence la littérature spécialisée, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié des recommandations pour la radioprotection (tabl. 1). Ces valeurs de la CIPR se rapportent aux applications des rayonnements ionisants autres que les applications médicales.

Pour la fixation de ces limites, la CIPR est partie de l'hypothèse prudente que chaque irradiation implique un certain risque d'effets somatiques et génétiques et que les effets biologiques sont proportionnels à la dose également pour de faibles équivalents de dose.

Le risque acceptable s'établit d'après les 3 critères suivants¹:

1. *Comparaison entre le profit et le risque radiologique*

Pour estimer un rapport exigible entre le risque et le profit, il est nécessaire, pour chaque sorte d'application de rayonnements ionisants ou de matières radioactives ou fissiles, d'évaluer le risque par rapport au profit (remarque de la CFR: ce critère est à exiger également lors d'applications médicales de rayonnements ionisants à des fins diagnostiques ou thérapeutiques).

2. *Comparaison avec d'autres risques*

Le risque radiologique pour la population imputable à la civilisation devrait se trouver dans une proportion raisonnable par rapport aux autres risques naturels et de civilisation, en particulier par rapport au risque spontané de cancer et de leucémie. Pour les personnes professionnellement exposées aux rayonnements, le risque radiologique peut également être comparé au risque professionnel (maladies professionnelles) dans d'autres professions ou d'autres branches de l'industrie.

3. *Comparaison avec l'exposition naturelle aux rayonnements*

L'irradiation moyenne maximale acceptable de la population dans son ensemble par des sources de rayonnements dites «de civilisation» devrait se trouver dans une proportion raisonnable par rapport à l'exposition naturelle aux rayonnements et l'étendue de ses fluctuations.

Les valeurs recommandées par la CIPR tiennent compte de ces critères. Le risque acceptable est fixé spécialement de telle manière qu'il ne donne pas lieu à une augmentation statistiquement significative de la fréquence du cancer¹.

Les équivalents de dose maximums admissibles donnés par la CIPR ont valeur de recommandations auxquelles les spécialistes peuvent se référer pour l'établissement des prescriptions nationales. L'ordonnance suisse concernant la protection contre les radiations (1963; actuellement en révision partielle) se base aussi sur les valeurs de la CIPR. Celles-ci servent de limites supérieures; dans l'ordonnance suisse, les dispositions particulières sont conçues de telle manière que, par leur application, les équivalents de dose résultants deviennent aussi petits que possible pour un coût approprié.

Les prescriptions sur les rejets et le programme de surveillance de l'environnement applicables à la CN Mühleberg ont été élaborés ainsi, conjointement par la CSA et la CFR («Reglement für die Überwachung der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg der Bernischen Kraftwerke AG in bezug auf die Abgabe radioaktiver Nuklide an die Umgebung» du 12 juillet 1973). Ces prescriptions sur les rejets sont conçues de telle manière que

¹ W. Jacobi, «Die Grenzen der Strahlenbelastung», Journée d'information de l'ASPEA, Zürich-Oerlikon, 23 mars 1973.

- a) les personnes qui couvriraient en permanence tous leurs besoins en eau avec de l'eau de l'Aar en aval de la CN Mühleberg pourraient de ce fait accumuler au plus une dose annuelle de 5 mrem;
- b) les individus qui se tiennent en permanence à l'endroit où est attendue la dose annuelle maximale (endroit critique), pourraient, sous l'effet direct des effluents gazeux et par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire, accumuler au plus une dose annuelle de 25 mrem.

La comparaison avec le tableau 1 montre que ces prescriptions sont considérablement plus restrictives que les recommandations de la CIPR en vertu du principe que l'irradiation doit être maintenue aussi faible que possible. L'exploitation d'une centrale nucléaire se conforme donc à des prescriptions par l'effet desquelles un danger pour la population avoisinante est impossible. De plus, la dose moyenne dans le voisinage est considérablement plus faible que la dose annuelle à l'endroit critique mentionnée plus haut (valeurs mesurées v. paragraphe 5.1.6.). A propos des prescriptions sévères concernant les effluents liquides, il faut en outre noter que personne ne couvre ses besoins en eau avec de l'eau de l'Aar non traitée.

L'office de la protection de l'environnement des USA a publié une étude² dans laquelle l'équivalent de dose moyen au corps entier de la population des USA est estimé depuis 1960 et, sur la base des tendances de l'évolution, jusqu'en l'an 2000 (fig. 1). Il ressort de cette étude que, à côté de l'irradiation naturelle, l'utilisation des rayonnements ionisants en médecine (rayons X, radioisotopes) contribue le plus à l'équivalent de dose. Viennent ensuite les retombées mondiales des explosions nucléaires expérimentales dont les produits de fission déposés au sol (principalement Cs-137, Sr-90) restent agissants par leurs rayonnements gamma et leur fixation dans le corps par l'intermédiaire des aliments. Sous «Verschiedenes» (divers) sont groupées les applications techniques des radioisotopes (cadre lumineux, sources lumineuses au tritium gazeux, etc.) ainsi que l'irradiation supplémentaire par les rayons cosmiques dans le trafic aérien à haute altitude et par les rayons X de la télévision en couleur. La somme des équivalents de dose reçus par les travailleurs professionnellement exposés aux rayonnements ionisants, répartie sur l'ensemble de la population, donne la courbe «Berufstätige» (professionnels). La courbe «Spaltprodukte in der Luft» (produits de fission dans l'air) représente principalement la contribution du tritium et du Kr-85 produits dans les réacteurs, mais s'échappant surtout des installations de retraitement du combustible. Comme gaz (évent. vapeur d'eau), ils se dispersent dans l'hémisphère et, à cause de leur longues périodes s'accumulent dans l'atmosphère jusqu'à une certaine valeur de saturation. Au voisinage de ces installations nucléaires industrielles, on trouve en outre des isotopes de gaz rares à vies courtes (Xe-131^m, Xe-133).

² Estimates of Ionizing Radiation Doses in the United States 1960–2000, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, Division of Criteria and Standards, August 1972.

Cette étude (les conditions en Suisse ne sont pas fondamentalement différentes) montre que l'élévation de loin la plus forte de l'équivalent de dose au public imputable à la civilisation provient des applications médicales, lesquelles ne sont pas comprises dans les recommandations de la CIPR. Les irradiations causées par toutes les autres applications des rayonnements ionisants sont, à côté, de second ordre, aussi longtemps que les prescriptions légales sont respectées. Une surveillance stricte de ces prescriptions est nécessaire.

3. Travaux nouvellement entrepris et recherches spéciales

3.1. *Traitemen t en ligne (on-line) des spectres gamma³*

Au début de l'année 1973, un système analyseur «Nuclear Data 4420» a été installé au laboratoire de Fribourg. La configuration matérielle (hardware) choisie comprend un ordinateur de 16000 places de mémoire de 12 bits, une unité de commande, deux convertisseurs analogue-digital, un lecteur et un perforateur rapides de bandes perforées, un appareil d'écriture/lecture (3 unités) de bandes magnétiques en cassettes, un oscilloscope, un traceur à points x-y et une télétype.

Le système «ANAFIL» de traitement automatique des données élaboré pour cette installation est constitué d'une part de programmes standards, d'autre part de développements propres. Il occupe la moitié des places de mémoire; l'autre moitié est réservée au spectre. Pour la mesure et l'analyse complète d'un échantillon, il suffit, en fonctionnement de routine, après ajustement des appareils, étalonnage d'énergie et présélection de la durée de mesure, d'appeler successivement trois programmes spéciaux choisis au moyen de lettres sur la télétype suivant un code, ou de touches sur l'unité de commande. Le «temps de calcul» d'une analyse est pratiquement donné par le temps nécessaire à l'impression des résultats par la télétype.

Les spectres gamma obtenus à l'aide d'un scintillateur NaI ou d'un détecteur Ge(Li) et d'un analyseur conventionnel sont traités avec le programme d'évaluation semi-automatique «RAPIGAMMA» développé pour calculateur de table (par ex. Hewlett-Packard 9820A). L'attribution des énergies et l'identification des raies doivent être exécutées «manuellement». Les paramètres de mesure (durée de mesure, date, quantité analysée) et les données sur les raies sont demandés successivement par la machine. On obtient pour chacun des radionucléides présents l'activité totale et spécifique de l'échantillon à la date de la mesure et à une date de référence (par ex. la date de prélèvement).

3.2. *Installation d'un détecteur Ge(Li)*

En connexion avec le système décrit sous 3.1. a été installé un détecteur Ge(Li). A 1,33 MeV, son efficacité est de 9,1% (par rapport à celle d'un scintilla-

³ P. Winiger, O. Huber, J. Halter, Proc. of a Seminar on the Monitoring of Radioactive Effluents, OECD, Karlsruhe, May 1974, sous presse.

teur NaI de 3×3 pouces) et la résolution de 2,1 keV. Le détecteur est placé au-dessus du cryostat dans un blindage en plomb revêtu de tungstène, d'étain et de cuivre. Six géométries de mesure différentes ont été étalonnées et les courbes d'étalonnage correspondantes ont été paramétrisées en vue du traitement des données.

Avec ce dispositif de mesure, il est possible d'analyser quantitativement et de manière totalement automatique des échantillons de l'environnement faiblement actifs (jusqu'à ~ 5 pCi par radionucléide dans les cas les plus favorables).

3.3. Mesure du débit de dose avec une chambre à ionisation de haute sensibilité

Depuis l'automne 1973, le laboratoire de Fribourg dispose d'une chambre à ionisation à argon de haute sensibilité pour la mesure de faibles élévations du débit de dose gamma externe. La chambre a été étalonnée en fonction de l'énergie gamma. Elle est utilisée principalement au voisinage des centrales nucléaires.

3.4. Dispositif de coïncidence pour les mesures de tritium

Un dispositif de mesure comprenant deux photomultiplicateurs de type RCA-8850 associés à un scintillateur liquide (cf. rapport annuel 1970, p. 80) et un système électronique de coïncidence a été installé en vue de la détermination de la teneur en tritium de l'eau. La figure 2 montre le schéma de principe où apparaissent les particularités de l'appareillage. Les récipients de mesure sont des flacons standards de 20 ml contenant de l'«Insta-Gel», un cocktail scintillant prêt à l'emploi. Les détecteurs sont entourés de toutes parts d'un blindage en plomb de 5 cm d'épaisseur réduisant le bruit de fond parasite à 0,7 c/s. Avec un taux maximum de 50 % d'eau dans la solution et une efficacité de comptage de 14 %, il est possible, en mesurant pendant 50 000 sec ($\frac{1}{2}$ jour), de détecter une activité de tritium de 1 pCi/ml avec une précision de 10 % et la limite de détection (2σ) se situe alors vers 0,15 pCi/ml; selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations, la concentration maximale admissible de tritium dans l'eau potable de la population en général est de 1000 pCi/ml.

3.5. Mesures comparatives dans le cadre de l'AIEA

Durant l'année 1973, la CFR a participé à des mesures comparatives de filtres à air de l'Agence internationale de l'énergie atomique.

Deux assortiments d'échantillons de 10 filtres chacun ont été mis à disposition. Le laboratoire de Fribourg a mesuré en spectroscopie gamma tous les échantillons, déterminant leur teneur en I-131, Cs-137, Ru/Rh-106, Ce-144 et Mn-54; l'analyse alpha a été également effectuée. Pour aucun des isotopes, les valeurs moyennes trouvées ne se sont écartées de plus de 8 % de la moyenne des 21 laboratoires engagés dans cette comparaison. La détermination dans trois filtres de l'important émetteur alpha qu'est le Pu-239, par séparation chimique au moyen de TTA et mesure spectroscopique alpha dans la chambre à ionisation à grille, a

donné 280 pCi pour une valeur nominale de 200 pCi. L'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (IFAEPE) a déterminé le Sr-90 dans quatre filtres, obtenant une valeur moyenne de 4,32 nCi (valeur nominale 4,8 nCi).

4. Réseau de mesure

4.1. *Appareil automatique de surveillance de l'air*

Au mois d'octobre 1973, la station de mesure du Jungfraujoch a été dotée d'un appareil de surveillance de l'air de type «Herfurth H-1346» (comme la Station aérologique de Payerne, cf. rapport annuel 1972). Un système d'alarme développé au laboratoire de Fribourg surveille l'appareil et délivre un signal acoustique lors de dépassement de seuil (de plus d'une demi-minute) ou de dérangements (compteur défectueux, interruption de réseau, dérangements de la pompe, du vide ou de l'avance du papier, etc.), ce qui augmente considérablement l'efficacité de l'appareil.

4.2. *Collecteurs d'échantillons d'eau*

L'IFAEPE a expérimenté un appareil capable de prélever dans un récipient, à intervalles brefs, de petites quantités d'eau d'un cours d'eau, de telle manière que l'échantillon collecté ainsi en une semaine consiste en un mélange d'eau représentatif. De tels appareils doivent être placés en des points qui ont une grande importance du point de vue de la surveillance de la radioactivité de l'eau de cours d'eau. L'appareil à l'essai ayant fait ses preuves, un premier collecteur sera installé à partir du 1^{er} janvier 1974 au canal de fuite de la station d'épuration des eaux usées Werdhölzli à Zurich.

5. Résultats des mesures

5.1. *Air*

5.1.1. *Activité bêta totale*

Comparativement à 1972, l'activité spécifique moyenne annuelle de l'air près du sol en 1973 a de nouveau considérablement baissé, malgré la présence dès octobre de produits de fission de la bombe H chinoise du 27 juin 1973. Ces produits de fission n'ont pu être détectés qu'au moyen de mesures gamma (5.1.2.) des filtres collecteurs des stations de préalerte. Ces filtres retiennent l'activité adhérente aux aérosols ; ne sont pas compris les gaz rares et le tritium sous forme gazeuse ou de vapeur d'eau, ainsi que les produits de filiation à vies courtes des gaz rares Rn-220 et Rn-222 émanant de la croûte terrestre, lesquels contribuent au fond naturel (cf. rapport annuel 1972).

Les gaz rares se dispersent dans l'hémisphère de façon plus homogène que les aérosols. Ils ne sont guère assimilés par le corps et par conséquent n'agissent pratiquement que par irradiation externe. Cela signifie que leurs concentrations maximales admissibles dans l'air sont considérablement plus élevées que pour d'autres radioisotopes. A long terme, le Kr-85 est parmi les produits de fission l'isotope de gaz rare limitatif. Sa période est de 10,7 ans et sa concentration maximale admissible dans l'air pour la population en général de 100 000 pCi/m³ (submersion). Sa concentration dans l'hémisphère Nord est actuellement de 20 pCi/m³ air en chiffre rond (d'après des mesures américaines), ce qui occasionne une dose accumulée supplémentaire de 0,03 mrem/an, négligeable par rapport aux 150 mrem/an du fond naturel (cf. rapport annuel 1972).

La contribution du tritium à l'irradiation de l'homme provient essentiellement de l'assimilation d'eau tritiée par le corps. Les mesures de concentration de cet isotope dans l'eau de pluie et éventuellement dans l'eau potable sont par conséquent importantes. Les porteurs de montre à chiffres lumineux au tritium reçoivent en outre une petite dose supplémentaire causée par la diffusion du tritium.

Les valeurs mensuelles obtenues par la mesure d'activité des aérosols retenus dans les filtres à air des stations de Fribourg et de Würenlingen sont rassemblées au tableau 2. La comparaison de cette activité de l'air mesurée avec la concentration de produits de fission non analysés maximale admissible en permanence dans l'air respirable pour la population en général (3 pCi/m³ selon recommandation de la CIPR) montre que du point de vue de la radioprotection l'atmosphère est actuellement propre.

La mesure bêta durant l'année 1973 n'a pas permis de déceler la hausse printanière, faible en 1972 déjà, l'activité du réservoir stratosphérique étant trop faible et le Be-7 (produit naturellement) n'étant pas détecté par cette méthode (le Be-7 se désintègre par capture électronique avec 10 % d'émission gamma).

5.1.2. Activité gamma

Dès le début de 1973, les filtres à air de Fribourg, Locarno, Romanshorn et Saignelégier sont examinés en spectroscopie gamma. Les raies de Be-7 et Cs-137 ont été perçues dans les filtres tout au long de l'année. Les produits de fission de l'explosion nucléaire expérimentale chinoise du 27.6 ont pu être décelés pour la première fois la semaine du 20 au 27.7 dans un échantillon composé des filtres des 6 stations de prélèvement réunis. Il n'a cependant pas été possible de les déceler dans les échantillons mensuels de juillet des différentes stations de prélèvement. Une évaluation quantitative de l'activité des produits de fission jeunes dans l'air proche du sol n'a été possible qu'à partir d'octobre. Les résultats des mesures des filtres à air de la station de Fribourg sont présentés au tableau 3. Les activités gamma des filtres des autres stations sont analogues. Comme le montre le tableau 3, l'activité supplémentaire de l'air occasionnée par les produits de fission a été durant toute l'année faible par rapport à l'activité naturelle du Be-7. Le Be-7, créé en majeur partie par le rayonnement cosmique dans la stratosphère, est un bon indicateur des fluctuations de l'échange stratosphère-troposphère.

5.1.3. Activité alpha

Les activités alpha totales des filtres hebdomadaires de la station de prélèvement d'air de Stein AG ont toujours été inférieures à 0,005 pCi/m³. Des examens antérieurs ont montré que la plus grande partie de cette activité provient du Po-210 naturel. La concentration maximale admissible du radionucléide limitatif Pu-239 dans l'air respirable de la population en général est de 0,02 pCi/m³. A partir du rapport Cs-137/Pu-239 moyen des années 1970/71 à Ispra⁴ et Braunschweig⁵ et la moyenne annuelle pour 1973 de l'activité du Cs-137 à Fribourg ($8,6 \cdot 10^{-4}$ pCi/m³), on peut estimer l'activité moyenne du Pu-239 dans l'air proche du sol à 10^{-5} pCi/m³. Vu le volume d'air aspiré ($2 \cdot 10^4$ m³), cette activité constitue le seuil de détection de la chambre à ionisation à grille (cf. rapport annuel 1972).

5.1.4. Argon-37

Les résultats des mesures de l'Ar-37 (période 35 jours) dans l'air troposphérique à l'Institut de physique de l'Université de Berne sont portés sur la figure 3. Au début de l'année 1973 ont encore été décelés des restes de la forte activité d'Ar-37 présente dans l'air en automne 1972; celle-ci provenait vraisemblablement de l'explosion nucléaire expérimentale souterraine russe du 28. 8. 72 à la Nouvelle Zembla (Novaïa Zemlia). Si l'on admet qu'à partir de novembre 1972 l'activité était distribuée uniformément dans la troposphère nord, on peut estimer qu'environ 1,8 MCi d'Ar-37 ont été libérés dans l'atmosphère par cette explosion. Les activités d'Ar-37 ont été durant l'été un peu plus élevées que les années précédentes. La forte hausse qui débute avec l'échantillon du 27. 9 est probablement due à une explosion nucléaire souterraine russe du 12. 9 (plusieurs Mt) à la Nouvelle Zembla. Celle-ci et une explosion souterraine ultérieure le 27. 10 sont vraisemblablement les sources de la forte activité d'Ar-37 présente en permanence dans l'air jusqu'à la fin de l'année.

5.1.5. Filtres de vols à haute altitude

Jusqu'au mois d'octobre, des échantillons d'air ont été périodiquement prélevés quelques centaines de mètres au-dessus et au-dessous de la tropopause et analysés en spectroscopie gamma. Les résultats de ces mesures sont présentés au tableau 4. Au début de l'année des produits de fission à vies moyennes et longues d'explosions antérieures étaient encore décelables dans l'air à une altitude variant entre 8 et 14 km. Dans le tableau 4, leurs analyses sont rapportées au 18. 3. 72, date de la dernière explosion nucléaire au-dessus de l'hémisphère Nord. Il apparaît clairement que les nucléides à vie longues (période > 100 jours) proviennent en majeure partie d'explosions antérieures. Au moment de l'explosion de la bombe

⁴ M. de Bortoli et P. Gaglione: «Environmental Radioactivity at Ispra, Italy», 1970 et 1971 (EUR 4805e et EUR 4944e).

⁵ G. Wehner: «Plutoniumgehalt in der bodennahen Luft in Braunschweig», rapport n° Ra 2/71 du Phys.-Techn. Bundesanstalt Braunschweig.

H chinoise du 27. 6. 73, on ne trouvait pratiquement plus que le Ce-144, le Cs-137 et le Be-7.

Comme le calibre de cette bombe se trouvait entre 1 et 2 Mt, des produits de fission étaient attendus principalement dans la stratosphère inférieure. De jeunes produits de fission ont été en effet décelés dans les filtres collecteurs de vols à haute altitude à partir du 10. 7. L'activité maximale a été observée le 17. 7; le spectre gamma de l'échantillon correspondant est représenté à la figure 4. Le mélange ne présente pratiquement aucun fractionnement (à l'exception du gaz rare Xe-133 et à partir du 23. 7 dans une moindre mesure de l'I-131 très volatil) relativement à la fission de l'U-238; l'absence totale de particules chaudes le montre également. D'autre part, le rapport mesuré du nombre de noyaux d'U-237 et de Np-239 au nombre de fissions (cf. rapport annuel 1969) est en bon accord avec l'image d'une bombe triphasée (bombe FFF).

Le pic du Be-7 est fort dans tous les échantillons. Il est frappant de constater que l'activité du Be-7 dans la stratosphère inférieure (~ 500 m au-dessus de la tropopause; ~ 2 pCi Be-7/kg) est en général d'un ordre de grandeur supérieure à celle que l'on trouve dans la troposphère supérieure (~ 500 m au-dessous de la tropopause; $\sim 0,3$ pCi Be-7/kg). Au sol, l'activité du Be-7 est de $\sim 0,1$ pCi/kg. Ces mesures mettent en évidence l'importance de la tropopause en tant que barrière entravant le mélange stratosphère-troposphère. Sur 1000 m à l'endroit de la tropopause, la concentration du Be-7 varie d'un facteur 7, tandis que sur les 10000 m de la tropopause au sol, elle ne varie plus que d'un facteur 3. Dans quelques cas isolés, les activités mesurées dans la stratosphère (HF-7309, 7320 et 7324) correspondent aux taux théoriques de création du Be-7 aux altitudes de prélèvement; dans tous les autres cas, elles sont plus faibles.

Les spectres alpha de 11 filtres de vols à haute altitude ont été mesurés avec la chambre à ionisation à grille⁶. Le spectre alpha du filtre HF-7320 mesuré pendant 2 jours est représenté comme exemple à la figure 5. On discerne des raies à 5,16 MeV (Pu-239/240), 5,30 MeV (Po-210, lequel s'évapore en grande partie lors de la calcination de l'échantillon) et 5,50 MeV (Rn-222 avec des traces d'Am-241 et de Pu-238). La valeur moyenne calculée de l'activité du Pu-239/240 dans les 11 filtres est approximativement de 10^{-4} pCi/kg air. Dans les filtres mesurés, le rapport moyen d'activité Cs-137/Pu-239 est de 170. On s'attend, suivant le type de bombe, à des valeurs comprises entre 50 et 220.

5.1.6. Débit de dose au voisinage de la CN Mühleberg

Des mesures de débit de dose au voisinage de la CN Mühleberg ont été exécutées au moyen de la chambre à ionisation de haute sensibilité (v. 3.3.). La dose de fond naturelle aux endroits où se trouvent les dosimètres du réseau de surveillance propre de la centrale a été déterminée lors d'une première série de mesures

⁶ H. Völkle, L. Ribordy, J. Halter, O. Huber, P. Winiger, HPA 47, 1974, p. 97.

effectuées le 20. 10. 73. Le moment était bien choisi puisque le réacteur était arrêté depuis le 13. 8. Comme le montre le tableau 5a, les résultats des mesures varient suivant l'endroit entre 8,9 et $11,5\mu\text{R}/\text{h}$, ce qui correspond à 78–101 mR/an.

Une deuxième mesure au voisinage de l'installation a été entreprise le 7.12.73 alors que le réacteur était en service. Les débits de dose mesurés sont présentés au tableau 5b. Ce jour-là eut lieu, pendant un court laps de temps, un rejet par la cheminée de la centrale d'effluents gazeux environ 100 fois plus radioactifs qu'en période de fonctionnement normal à cette époque-là, et cependant encore plus faibles que ce qui est autorisé en moyenne par jour et même par année.

Le vent soufflait du NNO; la plus forte concentration d'activité était par conséquent attendue en direction du SSE. En fait, d'après les mesures avec la chambre à ionisation, les débits de dose les plus élevés ont été observés à l'est de la centrale; en raison de la topographie, le panache d'effluents gazeux a été dévié en direction de la vallée. En un point déterminé, l'activité variait avec le temps (mesures à 14.18 h et 15.00 h; respectivement à 15.16 h, 15.18 h et 15.20 h). A 14.18 h et durant une heure au plus, le débit de dose mesuré atteignit environ le double du fond naturel, occasionnant de ce fait une dose locale supplémentaire d'environ 0,01 mrem.

Comme en particulier la zone critique où le panache d'effluents gazeux atteint le sol change en permanence suivant les conditions de vent, de telles hausses faibles et brèves du débit de dose n'ont aucune influence sur la dose accumulée en un lieu en une année. Du 7 au 31 décembre, une chambre à ionisation munie d'un appareil enregistreur a été installée en fonctionnement continu à 850 m ENE de l'installation, sans qu'un événement comparable n'ait pu être enregistré. Si l'on admet qu'un tel événement se produit une fois par mois, il en résulte une dose locale de 0,12 mrem par année, c'est-à-dire 1% de la dose radiative naturelle. Comme l'exploitant de la centrale enregistre continûment la radioactivité des effluents gazeux rejetés et les conditions de vent à la cheminée et que l'autorité de contrôle fait régulièrement un rapport à ce sujet, il est possible, à partir de ces données, de connaître avec suffisamment de précision même la faible dose que l'on rencontre au voisinage d'une centrale nucléaire.

Des mesures sur le terrain avec des instruments de haute sensibilité sont sans doute nécessaires pour le contrôle.

5.2. *Précipitations*

5.2.1. *Activité totale bêta et gamma*

Les valeurs mensuelles d'activité des précipitations de 5 stations collectrices sont présentées au tableau 6 et les valeurs annuelles de la station de La Valsainte depuis le début des mesures en 1959 portées sur la figure 6. Dans le tableau suivant sont groupées pour comparaison les activités des précipitations des années 1963 (maximum), 1972 et 1973 pour les 5 stations:

Activité bêta totale ($E\beta > 0,16 \text{ MeV}$) dans les précipitations

| Station | Hauteur de précipitations mm | | | Activité volumique pCi/l | | | Activité précipitée au sol mCi/km^2 | | |
|--------------|------------------------------------|--------|--------|----------------------------------|------|------|---|------|------|
| | 1963 | 1972 | 1973 | 1963 | 1972 | 1973 | 1963 | 1972 | 1973 |
| Davos | 898,3 | 821,2 | 1090,5 | 490 | 23 | 6 | 440 | 18,8 | 6,3 |
| Fribourg | ¹ | 685,1 | 709,9 | ¹ | 11 | 7 | ¹ | 7,5 | 5,0 |
| Les Hts- | | | | | | | | | |
| Geneveys | 673,5 ² | 901,7 | 1028,7 | 510 ² | 17 | 7 | 340 ² | 15,6 | 6,7 |
| Locarno | 2483,0 | 1726,6 | 1443,2 | 490 | 16 | 8 | 1220 | 27,0 | 11,5 |
| La Valsainte | 1675,4 | 1293,3 | 1555,2 | 470 | 16 | 6 | 790 | 21,1 | 8,8 |

¹ Pas encore en service. ² De mars à décembre.

L'activité des précipitations est parvenue en 1973 au niveau le plus bas jamais atteint depuis le début des mesures en 1958. L'activité fut en gros la moitié de celle de 1972. La comparaison avec les valeurs de 1963 montre que l'accord sur l'interdiction des essais nucléaires dans l'atmosphère a eu un effet très favorable.

Un échantillon de pluie de Fribourg (30 litres) de la semaine du 20 au 27 juillet (période où, dans l'air, la composante des jeunes produits de fission de la bombe H chinoise du 27.6 a été pour la première fois bien décelable) a été évaporé et examiné en spectroscopie gamma. Hormis le Be-7 et le Cs-137, aucun émetteur gamma n'a pu être décelé avec certitude. Des traces de Ru-103 et de Zr-Nb-95 ($< 0,5 \text{ pCi/l}$) étaient cependant présentes.

Comme cela a toujours été le cas ces dernières années, l'activité déposée au sol à Locarno par précipitation sèche de poussière a été considérablement plus faible que celle qui a été amenée par les précipitations (1973 dépôt sec $0,29 \text{ mCi/km}^2$, avec les précipitations $11,5 \text{ mCi/km}^2$).

5.2.2. Tritium

La teneur en tritium d'échantillons de pluie mensuels est déterminée à l'Institut de physique de l'Université de Berne et, depuis juillet 1973, à l'IFAEPE (Mme Dr M. Bezzegh, D. Meierhans). Les résultats des mesures sont présentés au tableau 7.

De temps en temps apparaissent dans certaines stations collectrices des augmentations de la teneur en tritium de l'eau de pluie qui disparaissent ensuite après peu de temps, comme ce fut le cas par exemple en mai au Grimsel. Des effets semblables ont été également constatés à l'IFAEPE sur des échantillons hebdomadaires de Zurich et de Dübendorf:

| | | | |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Zurich | 25. 3.–2. 4. 510 ± 170 pCi/l | 2.–8. 4. 5200 ± 340 pCi/l | 8.–15. 4. 760 ± 110 pCi/l |
| Dübendorf | 26. 3.–2. 4. 710 ± 190 pCi/l | 2.–10. 4. 1880 ± 190 pCi/l | 10.–23. 4. 430 ± 90 pCi/l |

Comme le montre cet exemple, la teneur en tritium peut aussi en même temps varier considérablement sur une courte distance. Cet effet ressort particulièrement nettement de mesures faites dans la région de Berne où en deux semaines consécutives, des valeurs une fois semblables, puis différentes ont été mesurées :

| | <i>Usine à gaz Berne</i> | <i>Uetlingen</i> | <i>Brünnen</i> | <i>Spiegel</i> |
|---------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|
| 23. 4.–30. 4. | 520 pCi/l | 490 pCi/l | 490 pCi/l | 470 pCi/l |
| 30. 4.– 7. 5. | 1080 pCi/l | 930 pCi/l | 1920 pCi/l | 1430 pCi/l |

De telles différences, qui dépendent des conditions micrométéorologiques, sont sans importance aussi longtemps que les concentrations restent faibles par rapport aux valeurs guides de la CIPR.

La moyenne annuelle pondérée de la teneur en tritium de l'eau de pluie de Berne a été avec 599 pCi/l considérablement plus faible qu'en 1972 (1540 pCi/l). Comparativement à la concentration maximale admissible de tritium dans l'eau potable pour la population en général (10^6 pCi/l), même les plus hautes concentrations mesurées dans l'eau de pluie sont très petites.

5.3. Eaux superficielles et souterraines

5.3.1. Eau et vase de citerne

A quatre reprises a été prélevée à Saulcy BE de l'eau d'une citerne dont l'activité bêta totale ($E_\beta > 0,16$ MeV), d'après les mesures de l'IFAEPE, a toujours été à la limite de détection (< 10 pCi/l). Les échantillons de vase de la même citerne (tabl. 8) ont présenté constamment depuis quelques années des activités bêta ($E_\beta > 0,16$ MeV) de 300 pCi/g matière sèche (MS) en chiffre rond. Les échantillons du 28.3 (1,4 g), du 16.6 (1,9 g) et du 16.8 (1,0 g) ont été réunis et examinés à Fribourg en spectroscopie gamma. L'analyse n'a révélé que des produits de fission à vie longues, notamment 4 ± 1 pCi Eu-155/g MS, 10 ± 2 pCi Sb-125/g MS et 175 ± 15 pCi Cs-137/g MS. Si l'on admet que les fractions des émetteurs bêta purs Sr-90, Y-90 (chacun 98 pCi/g MS) et Pm-147 (25 pCi/g MS) correspondant aux rendements de fission sont contenues dans l'échantillon, alors on obtient une activité totale de 410 pCi/g MS, ce qui est en accord avec la valeur moyenne pon-

dérée de 350 ± 25 pCi/g trouvée au moyen de la mesure bêta. La citerne n'est plus utilisée depuis quelques années et par conséquent plus nettoyée; elle continue cependant de recueillir l'eau de pluie. Les mesures montrent que l'activité reste pendant longtemps fixée à la vase de la citerne, car les activités mesurées depuis 1965 correspondent dans leur évolution temporelle à celles d'un mélange de produits de fission des années 1961/62.

5.3.2. *Eaux souterraines*

Des échantillons d'eau souterraine prélevés au voisinage de la centrale nucléaire de Beznau (CN Beznau) et de l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs (IFR) à Würenlingen, mesurés en parallèle à l'IFR et à l'IFAEPE, au voisinage de la CN Mühleberg et de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens, mesurés à l'IFAEPE, ont présenté sans exception des valeurs d'activité bêta totale ($E_\beta > 0,16$ MeV) < 5 pCi/l (selon la CIPR, une activité de 30 pCi/l d'un mélange non analysé est autorisée dans l'eau de boisson de la population en général). L'analyse d'une grande quantité d'eau avait montré (rapport annuel 1970) que l'activité du K-40 naturel dans l'eau souterraine de Würenlingen est d'environ 2 pCi/l.

5.3.3. *Eaux superficielles*

L'eau de l'Aar au voisinage de l'IFR et de la CN Beznau est prélevée au moyen d'un collecteur continu et son activité bêta totale déterminée à l'IFR. Pour l'année 1973 ont été obtenues les activités bêta totales moyennes ($E_\beta > 0,16$ MeV) suivantes (en pCi/l):

| <i>En amont de l'IFR</i> | <i>Entre l'IFR et la CN Beznau</i> | <i>Usine électrique de Klingnau</i> |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| $3,9 \pm 0,6$ | $3,6 \pm 0,6$ | $3,2 \pm 0,6$ |

L'influence de l'IFR et de la CN Beznau sur l'activité de l'eau de l'Aar a donc été, en moyenne sur toute l'année, inférieure à la limite mesurable.

La CN Mühleberg détermine hebdomadairement l'activité bêta totale d'échantillons d'eau de l'Aar prélevés au moyen de collecteurs continus en amont et en aval de la centrale. Le seuil de détection de 10 pCi/l eau a été dépassé, en aval de la centrale nucléaire, dans quatre échantillons hebdomadaires (28 pCi/l, 25 pCi/l, 13 pCi/l et 11 pCi/l), et en amont dans deux échantillons hebdomadaires (20 pCi/l et 11 pCi/l). D'après les prescriptions sur les rejets, la concentration maximale admissible pour un mélange non analysé est de 50 pCi/l eau de l'Aar.

La CFR a prélevé au hasard de l'eau de cours d'eau récepteurs en aval de réacteurs nucléaires et mesuré son activité. Les résultats des mesures sont présentés au tableau 9. L'activité totale de l'échantillon du 22.10 fut si grande

qu'une analyse gamma fut exécutée. Elle conduisit à la constatation que l'augmentation d'activité provenait de l'IFR, comme le montre entre autres le rapport d'activité Cs-137/Cs-134 dans les effluents liquides de l'IFR du même jour (v. tabl. 13). Des valeurs mesurées dans le bief d'amont et des données sur les rejets communiquées par l'IFR il ressort que, au lieu de prélèvement, les effluents liquides de l'IFR n'étaient pas encore complètement mélangés à l'eau de la rivière.

D'autres échantillons d'eau de cours d'eau (tabl. 9) ont été examinés en spectroscopie gamma dans le but de déterminer, eu égard à la quantité prélevée (5 l), le seuil de détection d'isotopes isolés. Une activité de 1 pCi/l de Cs-137 ou de Co-60 est encore bien mesurable. Les autres échantillons d'eaux superficielles prélevés et examinés par l'IFR (eau du Rhin en amont du confluent de l'Aar et du Rhin) et l'IFAEPE (selon le plan de prélèvement d'échantillons, cf. rapport annuel 1972) n'ont pas présenté d'augmentation de l'activité bêta totale, pas plus d'ailleurs que ceux qui ont été examinés par la Communauté de travail pour la surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRA) (échantillons mensuels d'eau du canal du Rhin près d'Oberriet dans le Rheintal, du Rhin près de Fussach et de l'Ach de Bregenz, mesurés au laboratoire cantonal de St-Gall; 30 échantillons d'eau du lac de Zurich et de la Limmat, de sources et de la nappe phréatique au voisinage de Zurich, mesurés au laboratoire de la ville de Zurich; échantillons d'eau du lac des Quatre-Cantons, mesurés au Service fédéral de l'hygiène publique).

Les échantillons d'eau du Rhin prélevés une à deux fois par mois près de Stein am Rhein et Kembs et examinés du point de vue de l'activité alpha à l'IFAEPE ont présenté en moyenne annuelle dans les deux stations une activité alpha totale de 0,9 pCi/l. Cette activité provient du fond naturel (principalement du Po-210 dont l'absorption par l'intermédiaire de l'air et des aliments conduit à une dose moyenne au corps entier de 3 mrem/an, cf. rapport annuel 1972). Les mesures alpha montrent que les réacteurs nucléaires situés dans le bassin de l'Aar n'ont conduit à aucune hausse de la concentration alpha dans l'eau du Rhin. Une mesure à Fribourg d'échantillons isolés prélevés le 18. 6 donna pour Stein am Rhein $1,5 \pm 0,2$ pCi/l et pour Kembs $0,7 \pm 0,1$ pCi/l.

Ces échantillons sont également examinés à l'IFAEPE du point de vue de leur teneur en tritium. Celle de l'eau du Rhin a varié, près de Kembs, entre 500 et 1000 pCi/l et près de Stein am Rhein, entre 600 et 800 pCi/l, ce qui correspond à peu près à la teneur en tritium de l'eau de pluie (v. précédemment).

5.3.4. *Plancton et matières en suspension, plantes aquatiques, poissons*

Comme les dernières années, les activités bêta totales du plancton et des matières en suspension, des plantes aquatiques et des poissons (tabl. 10, fig. 7) mesurées à l'IFAEPE ont été faibles. Une hausse n'a été observée que dans quelques échantillons de plancton et matières en suspension provenant du lac artificiel de Klingnau.

Les spectres gamma de quelques échantillons de plancton et matières en suspension ont été mesurés à Fribourg. Le K-40 essentiellement, avec une concentra-

tion variant entre 20 et 40 pCi/g MS, a pu être observé, ce qui signifie que dans le plancton et les matières en suspension également, ce radioisotope naturel apporte la plus grande contribution à l'activité totale. Une part considérable de Cs-137 (27 ± 3 pCi/g MS) a été détectée dans l'échantillon du 20.7 provenant du lac artificiel de Klingnau, alors que dans celui du 13.7 (2 g de matière), aucun autre émetteur gamma, hormis le K-40 (38 ± 9 pCi/g), n'a été décelé. L'activité accrue trouvée à l'IFAEPE (87 ± 7 pCi β /g MS) et à l'IFR (100 ± 20 pCi β /g MS) dans cet échantillon doit par conséquent être imputée à des émetteurs bêta purs ou à des nucléides à vies courtes (mesure à Fribourg au mois de février 1974).

5.4. *Effluents liquides*

5.4.1. *CN Beznau*

A la CN Beznau ont été prélevés des échantillons d'eau de l'installation d'épuration dont l'eau est déversée dans le bief d'amont de la centrale hydroélectrique. Les activités des différents isotopes présents dans cette eau ont été déterminées à Fribourg; les résultats sont présentés au tableau 11. Les activités volumiques mesurées ont toujours été très inférieures aux valeurs maximales admissibles. Les fractions soluble et insoluble de l'échantillon du 22.10 ont été mesurées séparément. Ces mesures ont permis de mettre en évidence que le Ce se trouvait pratiquement totalement dans la fraction insoluble, le Cs totalement dans la fraction soluble, alors que le Mn et le Co apparaissaient dans les deux fractions des eaux résiduaires.

5.4.2. *CN Mühleberg*

Un échantillon d'effluents liquides prêts au rejet, prélevé le 7.12.73 à la CN Mühleberg, a été mesuré à Fribourg; sa composition en nucléides radioactifs apparaît au tableau 12. Des activités volumiques en bon accord avec ces résultats ont été obtenues pour les émetteurs gamma les plus forts lors de l'analyse parallèle effectuée à la CN Mühleberg. Selon les prescriptions, le débit maximum admissible de rejet dans l'Aar d'un mélange de produits de fission non analysé avec les effluents liquides est pour la CN Mühleberg de 50 000 pCi/s en moyenne pendant l'année. Comme le débit de rejet est de 3 l/s, l'eau mesurée pouvait être déversée. L'analyse confirme que les concentrations admissibles ne sont de loin pas atteintes.

5.4.3. *IFR Würenlingen*

Les résultats des analyses des effluents liquides de l'IFR Würenlingen sont présentés au tableau 13. Le 27.12, au moment du prélèvement de l'échantillon, l'écoulement de la chambre de contrôle vers le point de rejet était interrompu. Au débit habituel de rejet d'environ 5 l/s, les effluents liquides pouvaient être dans tous les cas déversés.

5.4.4. Ancienne centrale nucléaire de Lucens (CN Lucens)

La CFR prélève des échantillons d'effluents liquides à la CN Lucens lorsque le réservoir n° 3, dans lequel sont collectés tous les effluents liquides de la centrale avant leur rejet dans la Broye, est prêt à être vidé. Les analyses de ces échantillons sont présentées au tableau 14. Le débit de rejet des effluents liquides est de 0,7 l/s. Le débit de la Broye étant de quelques m³/s, la dilution dans l'eau de la Broye est plus de mille fois plus grande que dans les effluents liquides. L'augmentation de l'activité de l'eau de la Broye ainsi produite est de l'ordre de 1 pCi/l. Une fois de plus il apparaît ici particulièrement clairement que les prescriptions sur les rejets sont beaucoup mieux contrôlables à la source que dans le cours d'eau récepteur.

5.4.5. Industries traitant des radioisotopes

Selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations (art. 3, 5, 11 et 107), le rejet maximum admissible de matières radioactives dans les eaux usées par les entreprises traitant des matières radioactives est réglé dans la procédure d'autorisation et contrôlé par la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, à Lucerne (CNA) (art. 21). Le contrôle de la radioactivité des eaux est une des tâches de la CFR; le réseau de mesure est établi de telle manière que les échantillons prélevés englobent précisément les eaux superficielles dans lesquelles des immissions par les entreprises utilisant les plus grandes quantités de matières radioactives pourraient se produire. Cela touche également l'industrie de la fabrication et du traitement des peintures luminescentes, laquelle, depuis quelques années, s'est convertie des isotopes Ra-226 et Sr-90 fortement radiotoxiques au tritium considérablement moins toxique. Par conséquent, la CFR détermine actuellement également la teneur en tritium (émetteur bêta pur avec une limite supérieure d'énergie de 18 keV) de ces eaux usées, laquelle n'est pas englobée dans les mesures usuelles de l'activité bêta totale ($E_\beta > 160$ keV). De même, les eaux usées de l'entreprise Cerberus SA qui traite l'Am-241 sont examinées sous l'angle de l'activité alpha.

Les résultats des mesures de l'activité bêta totale et de la teneur en tritium effectuées à l'IFAEPE sont présentés au tableau 15. La concentration maximale admissible de tritium dans les eaux usées ($3 \cdot 10^7$ pCi/l) n'a été atteinte dans aucun des échantillons.

La teneur en tritium de l'eau du ruisseau recevant les eaux usées de la fabrique de peintures luminescentes de Teufen (environ 300 m en aval du point de rejet des eaux usées) était pourtant si élevée qu'un examen plus approfondi était indiqué. Divers échantillons prélevés à Teufen (neige, eau de fontaines et de ruisseaux, eau potable, etc.) ont permis de constater que les échantillons pris au voisinage de la fabrique contenaient des concentrations en tritium de 10 à 1000 fois plus élevées que celles d'échantillons analogues provenant d'autres régions. La teneur en tritium de la neige à proximité de l'ancien dépôt des déchets était de $3,5 \cdot 10^5$ pCi/kg, à d'autres endroits du voisinage entre 1600 et 40 000 pCi/kg, de l'eau des ruisseaux du voisinage entre 1000 et 30 000 pCi/l; l'eau du réseau communal

d'alimentation en eau potable, avec 1000 à 2000 pCi/l, avait, par rapport à l'eau de pluie, une teneur en tritium légèrement accrue, bien qu'inoffensive. Les concentrations en tritium les plus élevées ont été observées dans l'eau d'une fontaine sise à proximité de la fabrique ; avec 10^6 pCi T/l en chiffre rond, son activité volumique représentait le $\frac{1}{3}$ de la concentration maximale admissible dans l'eau potable pour les individus du public en cas de consommation courante. L'eau de cette fontaine (seulement 10 ml/s environ) a été interdite à la consommation comme eau potable. Une recherche systématique de la cause de la contamination a été entreprise dès avril 1973, en coopération, par l'IFAEPE, la CNA et l'entreprise Radium-Chemie à Teufen. Les résultats des mesures de la teneur en tritium de l'eau de cette fontaine sont présentés sur la figure 8. Les examens englobèrent également des échantillons d'eaux usées de la fabrique, d'eau de pluie et d'eau interstitielle du sol à proximité de l'ancien dépôt des déchets. Les résultats des recherches font l'objet d'un rapport interne de l'IFAEPE ; ils montrent que, du point de vue de la radioprotection, aucune mesure urgente n'est à prendre pour le moment, mais que des éclaircissements étaient cependant nécessaires afin de prévenir une situation inadmissible éventuelle.

D'une enquête effectuée par la CNA auprès de l'entreprise Merz et Benteli à Berne, il ressort que les eaux usées de cette entreprise quittent le territoire de celle-ci avec une concentration maximale de 10^5 pCi T/l et d'environ 0,2 pCi a/l (selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations sont autorisés, pour un mélange d'émetteurs alpha non analysé, 100 pCi/l). La mesure au laboratoire de Fribourg de l'activité alpha totale des eaux usées de l'entreprise Cerberus SA à Männedorf a donné les résultats suivants :

Activité a eaux usées Cerberus

| <i>Date de prélèvement</i> | <i>Activité a totale (pCi/l)</i> |
|----------------------------|----------------------------------|
| 5. 3 | $2,1 \pm 0,4$ |
| 13. 6. | $0,8 \pm 0,2$ |
| 7. 8. | $0,8 \pm 0,2$ |
| 23. 11. | $0,5 \pm 0,2$ |

Ces activités étaient trop faibles pour une analyse spectroscopique alpha. La comparaison des valeurs mesurées avec l'activité alpha de l'eau du Rhin (v.5.3.3.) montre qu'un rejet par l'entreprise n'a pas été décelé.

5.5. Sol, fourrage, lait

5.5.1. Voisinage de réacteurs nucléaires

A proximité des réacteurs nucléaires sont prélevés des échantillons de terre, d'herbe et de lait dont les émetteurs gamma sont mesurés à Fribourg. Il s'agit là

d'échantillons mélangés; en cas d'activité accrue, des échantillons isolés seraient mesurés séparément. Les résultats (tabl. 16) ne présentent aucune déviation systématique par rapport aux valeurs obtenues pour les échantillons d'Arenenberg et de Grangeneuve.

La détermination, au laboratoire cantonal de Bâle-Ville, de la fraction des oxalates ($\text{Sr-89} + \text{Sr-90} + \text{Y-90}$) du lait de la région de Würenlingen et Beznau a donné les résultats suivants: $14 \pm 8 \text{ pCi/l}$ pour l'échantillon du 4.1, $14 \pm 4 \text{ pCi/l}$ pour celui du 6.6 et $11 \pm 4 \text{ pCi/l}$ pour celui du 19.12.

5.5.2. Arenenberg, Grangeneuve, Stillberg/Davos

Les activités des échantillons d'Arenenberg (tabl. 17) et de Grangeneuve (tabl. 18, fig. 9 et 10) sont du même ordre que les années précédentes, hormis le lait qui a vu son activité en Cs-137 diminuer nettement; celle-ci se trouve maintenant à la limite de mesure. A Stillberg/Davos (tabl. 19, fig. 11 et 12), l'activité en Cs-137 de l'herbe et du lait a continué de baisser; elle est, dans l'herbe, d'un facteur ~ 4 et dans le lait, d'un ordre de grandeur plus élevée que dans les échantillons correspondants de plaine. L'activité en Sr-90 des échantillons d'herbe et de lait reste depuis quelques années stationnaire; cela résulte du fait que pratiquement tout le Sr-90 absorbé par les plantes vient actuellement du sol.

Afin d'estimer le débit de dose externe pour le corps humain, causé par les produits de fission qui se sont déposés sur le sol et ont pénétré dans celui-ci, le tableau 20 donne les activités surfaciques du Cs-137, calculées à partir des échantillons de terre. Les émetteurs gamma restants, provenant des fortes retombées des années 1961 à 1963, sont actuellement, à côté du Cs-137, négligeables. Si l'on admet une décroissance exponentielle de l'activité en fonction de la profondeur (diminution d'un facteur e sur 3 cm), on obtient par le calcul que 1 mCi Cs-137/km² produit à 80 cm au-dessus du sol un débit de dose de 0,02 mrem/an en chiffre rond. Les mesures montrent qu'actuellement la profondeur de pénétration est plus grande, ce qui signifie donc que pour 100 mCi/km² (approximativement les valeurs de Grangeneuve), la valeur de 2 mrem/an représente une limite supérieure du débit de dose imputable au Cs-137 sur le Plateau. A Stillberg/Davos, cette limite se trouve vers 5 mrem/an.

Au Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI), à Genève, des échantillons de terre ont été divisés suivant la grosseur des particules et la teneur en Cs-137 des différentes fractions a été déterminée. A Arenenberg et Grangeneuve, la moitié environ de l'activité du Cs-137 dans la couche comprise entre 0 et 5 cm de profondeur est liée à des particules de plus de 20 μm de diamètre, à Stillberg le 99 %, alors que le rapport massique entre les grosses et les petites particules est approximativement de 3 à 1 à Arenenberg et Grangeneuve et de 5 à 1 à Stillberg/Davos. Il est frappant de constater qu'à Stillberg l'activité est beaucoup plus fortement liée aux grosses particules que dans les deux autres stations.

5.5.3. Suisse orientale (*Rossberg/Kemptthal*)

Après une courte interruption du prélèvement d'échantillons (de novembre 1972 à février 1973), la station d'essais de Rossberg/Kemptthal de l'EPFZ* s'est chargée en mars 1973 de la livraison d'échantillons de fourrage et de lait prélevés dans la même région que précédemment. Comme le montrent le tableau 21 et la figure 13, l'activité en Cs-137 du fourrage a nettement diminué au début de la période d'affouragement frais, tandis que l'activité en Sr-90 ne diffère pas fondamentalement de celle des dernières années. Comme dans les autres stations de prélèvement, l'activité en Cs-137 du lait est présentement proche du seuil de détection.

5.5.4. Mesures de la CRA

Des échantillons de lait frais des laiteries bernoises de plaine et de Mürren et de lait en poudre du canton de Vaud ont été analysés au Service fédéral de l'hygiène publique (SFHP) quant à leur teneur en oxalates et en Sr-90. Les mesures de Sr-90 concordent avec celles qui ont été effectuées à l'IFAEPE; en particulier, il apparaît ici également que la teneur en Sr-90 est considérablement plus élevée en montagne (Mürren) qu'en plaine. Les résultats de l'année 1973 sont présentés au tableau 22 et les valeurs de la teneur en Sr-90 depuis le début des mesures sont portées sur les figures 14 et 15. Etant donné les méthodes d'analyse et de mesure appliquées, la valeur attendue du rapport d'activité Sr-90/oxalates dans le lait est de 0,7 (cf. rapport annuel 1972), en cas d'absence de Sr-89; les activités actuelles étant si faibles, la valeur mesurée fluctue fortement. Les mesures de lait aux laboratoires cantonaux de Bâle et de Coire (tabl. 23) confirment les résultats obtenus dans les autres laboratoires.

5.5.5. Mesures au SCCI

Au SCCI, l'activité en Cs-137 d'échantillons de lait est déterminée mensuellement à l'aide d'un scintillateur NaI de 8 pouces. Les résultats concordent avec ceux des autres laboratoires.

5.5.6. Glandes thyroïdes de vaches du canton de Fribourg

Afin de déceler l'iode-131 provenant de l'explosion nucléaire expérimentale chinoise du 27 juin 1973, deux glandes thyroïdes de vaches du canton de Fribourg ont été prélevées hebdomadairement du 17 juillet au 16 octobre**; elles ont été

* Nous remercions MM. J. Vallat, professeur à l'EPFZ, et A. Sachs, ingénieur agronome, de leur collaboration dans ces recherches.

** Nous remercions M. M. Messer, vétérinaire à l'abattoir de Fribourg, de sa prévenance lors du prélèvement des échantillons.

examinées en spectroscopie gamma à l'aide du scintillateur au iodure de sodium. Dans les glandes thyroïdes, l'iode est fortement concentré; il s'ensuit que l'activité/g glande thyroïde est de 3 à 10 fois supérieure à l'activité/l lait du même animal. Les seuils de détection se situent vers 15 pCi/l pour le lait frais et 0,1 pCi/g organe frais pour les glandes thyroïdes. La mesure de l'I-131 dans les glandes thyroïdes permet donc de se prononcer jusqu'à des valeurs aussi infimes que 0,01 pCi I-131/l lait. La figure 16 donne les valeurs moyennes d'activité en iodine des glandes thyroïdes mesurées hebdomadairement. L'activité isolée la plus élevée fut de 8 pCi I-131/g glande thyroïde (31. 7. 1973), ce qui correspond à une concentration de 0,8 à 2,5 pCi/l lait. On peut comparer ces valeurs à celles de juin 1966 où furent observées des valeurs de 20 pCi/g glande thyroïde (cf. rapport n° 10, pp. 20 et 103). L'activité en iodine des glandes thyroïdes a atteint son maximum environ 4 semaines après l'explosion, puis a décrue approximativement suivant la période effective de l'I-131 ($T_{eff} = 7,6$ jours) dans la glande thyroïde, comme le montre la droite tracée. Le même comportement a également été observé au Service central de protection contre les rayonnements ionisants (France), en 1966⁷.

5.6. *Eau potable, céréales, pain et autres denrées alimentaires (CRA)*

L'activité bêta totale ($E_\beta > 0,16$ MeV) de tous les échantillons d'eau potable (5 échantillons du réseau d'alimentation en eau de Bâle, examinés au laboratoire cantonal de Bâle, 51 échantillons des réseaux d'alimentation en eau de St-Gall, Rorschach, Lindau et Bregenz, examinés au laboratoire cantonal de St-Gall) a été à la limite de détection, donc très inférieure à la concentration maximale admissible.

Le SFHP a déterminé l'activité des oxalates et du Sr-90 dans le blé de la moisson 1972 et ses produits de mouture (tabl. 24). Les moyennes annuelles depuis 1962 sont portées sur la figure 17. La moyenne de l'activité en Sr-90 de blé provenant de six régions différentes a sensiblement diminué comparativement à la moisson 1971; cela est dû presque exclusivement à une baisse dans le son (28 % du grain de blé), dans lequel le Ca a également fortement diminué, tandis que la farine blanche (43 % du grain) et la farine bise (29 % du grain) ne présentent pratiquement aucun changement. La faible teneur en Sr-90 du blé étranger par rapport au blé suisse est frappante.

Des échantillons de blé prélevés dans un rayon de 20 km autour des CN Mühleberg et Beznau ont été examinés en spectroscopie gamma. Les différences relatives entre les 13 échantillons mesurés ne sont pas significatives. L'activité en Cs-137 varie entre 10 et 15 pCi/kg; la teneur en Ce-144 se situe vers 50 pCi/kg. L'activité en K-40 naturel va de 2300 à 3400 pCi/kg, ce qui montre, si l'on se réfère aux activités bêta totales données au tableau 24, que la plus grande part de l'activité du blé provient du K-40.

Les activités mesurées d'échantillons de denrées alimentaires sont rassemblées au tableau 25. L'activité bêta totale de 10 échantillons de différentes sortes de

⁷ Rapport SCPRI n° 115, 1967, p. 367.

pain a été déterminée au laboratoire de la ville de Zurich. Les résultats sont comparables à ceux qui ont été obtenus pour la farine. Différents échantillons de fruits, de légumes et de poissons ont été examinés au laboratoire de la ville de Zurich, au laboratoire cantonal de Bâle et au SFHP. Les activités sont sans exception insignifiantes.

5.7. *Corps humain*

5.7.1. *Sr-90 dans les os et les dents de lait*

La teneur en Sr-90 de 24 échantillons d'os d'adultes de Bâle a été déterminée à l'Institut d'électrochimie et de radiochimie de l'EPFL (tabl. 26). La séparation en classes d'âge montre que la teneur en Sr-90 chez les moins de 30 ans est significativement plus élevée que chez les personnes plus âgées. Comme on peut le voir au tableau 27, la moyenne globale de l'activité en Sr-90 des os de Bâle n'a que peu changé depuis 1968. Même au maximum, en 1967, la teneur en Sr-90 normalisée des os en Suisse était, avec 2 à 3 unités strontium (1 unité strontium = 1 US = 1 pCi Sr-90/g Ca), très inférieure à la valeur de 70 US qui conduit aux 170 mrem/an dans les organes hématopoïétiques.

Tandis que dans les os, à cause de son élimination lente, le Sr-90 absorbé durant les années antérieures a une influence considérable, les dents de lait (période de formation prénatale et postnatale de 6 à 12 mois), elles, constituent un indicateur approprié de l'absorption de Sr-90 avec la nourriture à l'époque de la naissance (cf. rapport annuel 1971). Il est ainsi possible, grâce aux dents de lait récoltées maintenant, d'obtenir une image des variations de l'activité en Sr-90 de la nourriture d'années antérieures. C'est pourquoi, l'examen du Sr-90 dans les dents de lait a été intensifié en 1973, si bien que 131 échantillons de dents de Lausanne et Zurich ont été mesurés. Les résultats sont présentés au tableau 28 et à la figure 18. La comparaison avec les figures 14 et 15 montre la conformité qualitative qui existe entre la teneur en Sr-90 du lait et celle des dents de lait. Une telle conformité est attendue tout au moins pour la période postnatale de formation des dents. Pour le lait et les dents, le maximum de la teneur en Sr-90 se situe dans la deuxième moitié de 1963 et la première moitié de 1964, tandis que pour les os, il n'a été atteint qu'en 1966/67; à côté de l'accumulation dans les os, la composition moins homogène de la nourriture des adultes (provenant partiellement de récoltes antérieures) joue également un rôle à cet égard.

Les mesures d'activité en Sr-90 des dents de lait de Zurich et Lausanne ne présentent aucune déviation significative; il est prévu d'étendre l'examen des dents de lait au Tessin où l'on rencontre en général des teneurs en Sr-90 dans les os plus élevées que dans le reste de la Suisse.

5.7.2. *Cs-137 dans le corps humain*

Le SCCI à Genève a mesuré au moyen d'un anthropospectromètre la teneur en Cs-137 du corps de jeunes entre 16 et 20 ans. Quatorze femmes et 26 hommes

ont été mesurés. Les résultats présentent une grande dispersion. L'activité en Cs-137 du corps varie entre 0,4 et 1,5 nCi Cs-137 chez les femmes et entre 0,4 et 4,8 nCi Cs-137 chez les hommes; quant à la teneur en K, elle va de 76,5 g à 133,7 g chez les femmes et de 128,9 g à 189,8 g chez les hommes; le rapport pCi Cs-137/g K prend les valeurs extrêmes suivantes: 4,4 et 13,4 pCi Cs-137/g K chez les femmes, 2,9 et 27,9 pCi Cs-137/g K chez les hommes.

Une série analogue de mesures avaient été effectuées en 1972 à la Clinique universitaire de radiothérapie et de médecine nucléaire de l'Hôpital cantonal de Zurich (Prof. W. Horst, Mlle I. Riehle). Le tableau suivant présente les moyennes obtenues dans les deux séries de mesures:

Moyennes obtenues lors de mesures d'activité à l'anthropospectromètre

| | 1972, Zurich | | 1973, Genève | |
|---------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | 50 femmes | 18 hommes | 14 femmes | 26 hommes |
| Poids du corps | 57 | 69 | 56 | 70 |
| g K/kg poids du corps | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 2,2 |
| pCi Cs-137 dans le corps entier | 2400 | 4100 | 900 | 1800 |
| pCi Cs-137/g K | 26,5 | 31,7 | 8,7 | 11,7 |

La baisse de la teneur en Cs-137 du corps de 1972 à 1973 concorde avec la diminution de l'activité en Cs du lait et des autres produits alimentaires.

Les valeurs de 1973 de l'activité d'individus mesurés depuis 1963 à l'anthropospectromètre sont présentées au tableau 29. Selon la méthode esquissée dans le rapport annuel de 1972, l'activité du Cs-137 dans le corps a été calculée à partir de sa valeur dans le lait; les valeurs pour la période de végétation 1972/73 figurent au tableau 30. La concordance entre les activités calculées et mesurées est bonne. Une nouvelle baisse importante de l'activité en Cs-137 du corps est prévisible pour la période de végétation 1973/74.

Sur la figure 19 est portée la teneur moyenne annuelle en Cs-137 des femmes et des hommes examinés à Genève et de deux individus observés sur une plus longue période. La période de décroissance de la teneur en Cs-137 du corps humain entre 1965 et 1968 a été d'environ 1,2 ans, en bon accord avec les résultats de Zurich (cf. rapport annuel 1968). Cette décroissance est conditionnée par le vidage exponentiel du réservoir en Cs-137 stratosphérique. Les bombes H chinoises du 17. 6. 67 au 14. 10. 70 ont provoqué une discontinuité dans cette décroissance exponentielle. Leur influence apparaît sur la moitié droite de la figure 19 (signes pleins, échelle étalée d'un facteur 10). Ici également, la baisse de 1973, imputable à l'absence de bombes de l'ordre de Mt en 1971 et 1972, est remarquable.

La charge corporelle produite par le Cs-137 au corps entier peut être évaluée pour 1973 à 0,3 mrem/an environ, ce qui, comparativement à la charge radiative naturelle (env. 150 mrem/an), est négligeable.

5.7.3 Dose génétique significative (DGS) due aux examens diagnostiques aux rayons X

A l'instigation de la Commission de recherche pour la santé (président Prof. M. Schär), une enquête sur la DGS due aux examens diagnostiques aux rayons X a été réalisée en 1971; des membres de la CFR (Dr G. Poretti et Prof. J. Wellauer) ont pris part de façon déterminante à cette enquête et à son dépouillement.

La charge génétique d'une population est exprimée généralement par la «dose génétique significative» (DGS), c'est-à-dire la dose qui, répartie uniformément sur toute la population, cause le même dommage génétique que les différentes doses reçues réellement par les individus de la population.

Elle peut être calculée en tenant compte des paramètres suivants: (1) le nombre total d'hommes et de femmes de la population par classe d'âge, et de fœtus, (2) le nombre moyen présumé d'enfants futurs, (3) le nombre d'individus chez lesquels un examen aux rayons X déterminé (jusqu'à 61 types) a été entrepris, (4) la dose aux gonades pour l'examen en question, mesurée sur mannequin (séparément pour les hommes, les femmes et les fœtus).

La dose significative totale aux gonades correspond par conséquent à la somme des DGS masculine, féminine et fœtale.

Dans l'enquête de 1971, on a considéré la charge aux gonades causée par les examens diagnostiques aux rayons X d'environ 60 000 patients. Tous les calculs ont été effectués par classe d'âge et, pour chaque âge, on a considéré le nombre présumé d'enfants futurs.

La dose aux gonades a été déterminée dans différents hôpitaux à l'aide de dosimètres à thermoluminescence, de chambres à ionisation à haute pression de haute sensibilité et de chambres normales.

L'enquête de 1971 se différencie des précédentes par le fait que, pour beaucoup d'examens et pour chaque patient, on a considéré le nombre de radiographies, de tomodiagrammes ou de minutes de radioscopie; ces données avaient été consignées dans un formulaire par les médecins concernés.

Voici un exemple des différences de dose aux gonades entre l'homme, la femme et le fœtus:

| | | |
|-------------------|---------------------|--|
| examen du bassin: | homme | 900 mrem/radiographie |
| | femme (non gravide) | 350 mrem/radiographie |
| | fœtus | 1000 mrem/radiographie du bassin de la mère |
| examen du thorax: | homme | 0,20 mrem |
| | femme | 0,45 mrem |

Les premiers résultats provisoires montrent que, dans notre pays également, le taux annuel d'augmentation des examens diagnostiques aux rayons X se situe entre 3 et 4 %.

La DGS en Suisse en 1971 se situe entre 42 et 43 mrad par individu ; comparativement, elle était de 22 mrad en 1957. La DGS se répartit approximativement de la manière suivante : 57 % pour les hommes, 35 % pour les femmes et 8 % pour les fœtus. Les examens aux rayons X sont pratiquement également répartis entre les praticiens privés (53,8 %) et les hôpitaux (46,2 %).

6. Conclusions

Comme le montrent les mesures de la radioactivité, la diminution de la contamination de la biosphère en Suisse s'est poursuivie en 1973.

L'activité de l'air et des précipitations a atteint les valeurs les plus basses jamais enregistrées depuis le début des mesures en 1957. L'équivalent de dose total au corps humain causé par la retombée mondiale se situe actuellement vers 5 mrem/an, donc bien en deçà des fluctuations de la dose radiative naturelle en Suisse (80–350 mrem/an). De loin la plus grande partie de cette dose supplémentaire de 5 mrem/an provient présentement d'une part de l'irradiation externe causée par le Cs-137 déposé au sol les années précédentes (principalement 1961–63), d'autre part de l'irradiation interne provoquée par le Sr-90 qui parvient du sol aux plantes et par conséquent aux aliments, pour être ensuite fixé dans les os. Ces deux composantes ne diminueront pas fortement les prochaines années, même si certains produits de fission nouveaux n'atteignent le sol. Le Cs-137 ne pénètre en effet que très lentement dans les couches profondes du sol. L'absorption relativement forte du Sr-90 du sol par les plantes reste stationnaire ; par opposition, très peu de Cs-137 parvient du sol aux plantes, ce qui s'est traduit en 1973 par une diminution de la teneur en Cs-137 des denrées alimentaires et du corps humain. La dose par irradiation interne provenant du Cs-137 a été d'un ordre de grandeur plus petite que celle qui a été produite par le Sr-90.

Les mesures d'activité des effluents liquides et des cours d'eau récepteurs n'ont pas permis, ni pour les centrales nucléaires, ni pour les industries traitant des radio-isotopes, de constater des valeurs inadmissibles. A cet égard, les limites sont fixées de telle manière que même la consommation courante d'eau de cours d'eau récepteurs comme eau potable est, du point de vue de la radioprotection, inoffensive. Les prescriptions concernant les rejets maximums d'activité avec les effluents gazeux par la cheminée ont également été respectées par les centrales nucléaires.

Avec une chambre à ionisation de haute sensibilité, la CFR possède maintenant un instrument capable de détecter des débits de dose jusqu'à 1 μ rem/h. D'après les premières mesures au voisinage de la CN Mühleberg, on peut estimer que la dose locale au point critique du terrain situé autour de cette centrale nucléaire a été inférieure à 1 mrem/an. A cause de la centrale nucléaire, la population avoisinante a donc reçu une dose supplémentaire qui a représenté au maximum le 1 % de l'irradiation naturelle (100 mrem/an) et qui a même été inférieure à la dose causée par la retombée mondiale (env. 5 mrem/an). Rapportée à l'ensemble de la population suisse, la dose supplémentaire imputable au rejet de matières radioactives par les centrales nucléaires est négligeable.

En ce qui concerne les doses des personnes professionnellement exposées aux rayonnements («professionnels»), on dispose des valeurs de 1972 pour l'IFR (rapport annuel 1972 de l'IFR), de 1969 à 1973 pour l'industrie des peintures luminescentes (communications de la CNA dans le bulletin de l'ASPEA) et de 1970 et 1971 pour les «professionnels» contrôlés au SFHP (communication privée). Ces données et les enquêtes réalisées à l'étranger permettent toutefois d'estimer la dose moyenne à la population suisse provenant de l'irradiation des «professionnels»; elle est de l'ordre de 1 mrem/an. L'irradiation à laquelle est exposée la population de par les autres applications non médicales (cadre lumineux, télévision en couleur, vols à haute altitude, etc.) est du même ordre de grandeur.

La dose moyenne supplémentaire totale à la population provenant de toutes les sources non médicales discutées dans le rapport est donc, avec 10 mrem/an en chiffre rond, petite par rapport à la dose naturelle. Il est réjouissant de constater que le recul de la retombée de produits de fission radioactifs issus d'explosions nucléaires expérimentales s'est poursuivi en 1973 et que les doses à la population causées par l'exploitation de centrales nucléaires et l'application industrielle de nucléides radioactifs ont été insignifiantes. Les produits de fission de la bombe nucléaire chinoise du 27 juin 1973 provoqueront dès le début de l'année 1974 une légère augmentation de la radioactivité dans l'environnement. Bien qu'il ne faille pas s'attendre à une augmentation dangereuse soudaine de la radioactivité dans l'environnement, celle-ci doit cependant être surveillée continuellement.

La probabilité que se produise un événement nucléaire dommageable accompagné d'effets graves est infime. Dans les centrales nucléaires, par exemple, une série de barrières de sécurité successives empêchent un échappement de radioactivité. Afin de garantir la sécurité de la population au voisinage des centrales nucléaires dans le cas, improbable d'ailleurs, d'accident le plus grave qu'on puisse imaginer, des mesures de protection supplémentaires sont malgré tout préparées; celles-ci constituent une tâche dont s'occupe spécialement le Comité d'alarme de la CFR en collaboration avec l'Office de l'économie énergétique.

La plus grande dose génétique significative, à part la charge radiative naturelle, provient des examens diagnostiques aux rayons X. Avec 40 mrem en chiffre rond, elle atteint environ le $\frac{1}{3}$ de la charge naturelle. La CFR se fait ici un devoir de prier les instances compétentes de rechercher s'il est possible et de quelle manière, pour un profit égal, d'abaisser la dose occasionnée par les examens diagnostiques aux rayons X.

Le conseiller fédéral H. P. Tschudi s'est retiré du gouvernement le 31.12.73. Son œuvre remarquable a été appréciée par tous à sa juste valeur. Nous le remercions ici spécialement d'avoir, en qualité de chef du Département fédéral de l'intérieur, encouragé activement la CFR et le Comité d'alarme dans l'accomplissement de leur tâche, c'est-à-dire la surveillance aussi complète que possible de la radioactivité en vu de la protection de la population. Le docteur A. Sauter a également quitté sa fonction de directeur du SFHP à la fin de l'année 1973. Pour l'appui bienveillant qu'il a apporté à la CFR depuis sa fondation et sa collaboration toujours agréable, qu'il soit ici remercié. Nos remerciements vont également à l'administration du SFHP (R. Ruhier) pour son aide précieuse et à

la Section de la radioprotection (Dr W. Hunzinger), à la maison Nestec S.A. à La Tour-de-Peilz et aux personnes chargées des nombreux prélèvements d'échantillons de la CFR.

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
Dr G. Poretti, Hôpital de l'Ile, Berne
Prof. Dr W. Stumm, EPF, Zurich
Prof. Dr J. Wellauer, Université de Zurich

Fribourg, le 12 juin 1974