

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 23 (1979)

Rubrik: 23e Rapport de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité pour l'année 1979 à l'intention 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: 12.01.2026

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

23^e RAPPORT DE LA COMMISSION FEDERALE DE SURVEILLANCE DE LA
RADIOACTIVITE POUR L'ANNEE 1979
A L'INTENTION DU CONSEIL FEDERAL

PAR PROF. DR. O. HUBER, PRÉSIDENT DE LA COMMISSION, FRIBOURG ¹⁾

1. INTRODUCTION

Il y a eu de tout temps des nucléides radioactifs dans l'environnement. D'une part, le rayonnement cosmique produit dans l'atmosphère une série de radioisotopes, parmi lesquels ceux dont l'activité spécifique dans l'air près du sol est la plus grande, à savoir: le carbone-14 ($\approx 1 \text{ pCi/m}^3$ ²⁾), le tritium ($\approx 0,2 \text{ pCi/m}^3$) et le béryllium-7 ($\approx 0,1 \text{ pCi/m}^3$). D'autre part, le sol en Suisse contient des substances radioactives naturelles, principalement du potassium-40 dont l'activité varie entre 10'000 et 30'000 pCi/kg suivant la composition minéralogique; le potassium naturel contient 0,012% en poids de potassium-40. En Suisse, les radionucléides des séries de l'uranium-radium et du thorium se trouvent dans la terre, chacun à raison de 500 à 2'000 pCi/kg.

Les gaz rares radon-222 (période 3,8 jours) et radon-220 (période 55 secondes) s'échappent dans l'air à partir des séries de l'uranium-radium, respectivement du thorium. La teneur en radon de l'air dépend non seulement du sol, mais aussi des conditions météorologiques; elle varie entre 50 et 500 pCi/m³ d'air pour le radon-222; elle tombe au dixième de ces valeurs pour le radon-220. A l'équilibre radioactif, les descendants radioactifs des deux isotopes du radon ont chacun les mêmes activités que les substances mères.

- 1) Le rapport a été rédigé en collaboration avec Dr. J. HALTER, Dr. H. VÖLKLE et Dr. B. MICHAUD (Fribourg) sur la base des rapports de travail des laboratoires cités à l'appendice
- 2) $1 \text{ pCi (picocurie)} = 10^{-12} \text{ Ci (curie)} \approx 2,2 \text{ désintégrations radioactives par minute}$

La radioactivité artificielle dans l'atmosphère est en partie répartie plus ou moins uniformément sur la Suisse (retombées d'anciennes explosions nucléaires et isotopes à vies longues provenant de l'industrie nucléaire), en partie localement, faiblement accrue (voisinage d'installations nucléaires et d'industries traitant du tritium). A l'exception des gaz rares et des composés gazeux du tritium et du carbone-14, les radionucléides artificiels s'attachent de préférence à des aérosols. L'activité bêta totale moyenne des aérosols a atteint, certains jours en 1962, des valeurs supérieures à 20 pCi/m^3 d'air; elle est actuellement de l'ordre de $0,01 \text{ pCi/m}^3$ d'air. Pour détecter cette activité artificielle, faible par rapport à l'activité naturelle, on recueille les aérosols sur filtres et on les examine en spectroscopie gamma. Un spectre gamma de bonne résolution en énergie permet par exemple, pour un volume d'air de 1000 m^3 , la détermination quantitative des différents nucléides jusqu'à des activités volumiques de 10^{-3} pCi/m^3 d'air. L'identification de radionucléides qui ne sont pas détectés lors de la mesure de filtres d'air en spectroscopie gamma (émetteurs bêta purs, gaz rares) nécessite des méthodes spéciales. De telles méthodes sont utilisées par exemple pour la détermination du tritium, du carbone-14, de l'argon-37 et du strontium-90.

La radioactivité de l'air pénètre dans le corps humain par inhalation; la radioactivité qui se dépose sur le sol est assimilée par les plantes et est absorbée avec la nourriture. C'est la raison pour laquelle la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR) effectue également des mesures de la radioactivité des précipitations, des eaux superficielles et souterraines, de la terre, des plantes, des denrées alimentaires (en collaboration avec la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires, CRA) et du corps humain.

Comme depuis 1976 aucune arme nucléaire dans le domaine des mégatonnes n'a explosé dans l'atmosphère et qu'en 1979 même aucun essai nucléaire aérien n'a eu lieu, le nouvel apport (de la stratosphère) de produits de fission de bombes a été très faible.

De nouvelles prescriptions plus limitatives sur les rejets de radioactivité pour les centrales nucléaires (CN) de Beznau et de Mühleberg sont entrées en vigueur le 1.1.79. La CN de Gösgen-Däniken est entrée en service dans le courant de 1979. Le règlement sur les rejets de matières radioactives de cette centrale et la surveillance au voisinage a été élaboré par la Division pour la sécurité des installations nucléaires (DSN) et la CFSR et a été mis en vigueur par l'Office fédéral de l'énergie le 29.9.78.

Le Comité d'alarme de la CFSR (CA/CFSR) a tenu les 1 et 2 novembre sa 50^e séance. Une analyse de la situation actuelle a été entreprise en présence de M. Hans Hürlimann, président de la Confédération. L'état remarquable atteint dans les travaux préparatoires pour la protection de la population a été exposé. D'autre part, les lacunes existantes ont été relevées et les buts à atteindre dans les prochaines années, formulés.

Les travaux de planification de la centrale d'alarme à l'Institut suisse de météorologie (ISM) à Zürich (projet "Métalerte"), commencés en 1976, ont abouti au message du Conseil fédéral du 15.8.79 à

l'intention des chambres fédérales. Le projet de construction a été adopté sans opposition par le Conseil national à la session de décembre 1979 et par le Conseil des Etats à la session de mars 1980. Les travaux commenceront en 1980 (durée 3 ans).

L'accident survenu à la CN de Three Mile Island près de Harrisburg aux Etats-Unis le 28 mars 1979 a préoccupé, non seulement le public, mais également les milieux scientifiques. Dans un tel cas en Suisse, le CA aurait disposé d'un temps suffisant pour se rassembler et proposer au Conseil fédéral des mesures à prendre. Pour que le CA soit cependant en mesure de diffuser ses instructions par les mass media également en cas de danger à évolution rapide dans une CN, un service de piquet a été mis sur pied dès janvier 1980 à la centrale de surveillance à l'ISM. Des communiqués d'alarme préparés à l'avance peuvent, en cas de besoin, être rapidement adaptés et transmis à la Société suisse de radiodiffusion et télévision (SSR). Celle-ci a organisé dès la même date un service de piquet durant la nuit, permettant de diffuser en tout temps par la radio les communiqués d'alarme du CA.

Le 21.9.79 a eu lieu un exercice de mesure, de transmission de rapports et d'exploitation des données, basé sur l'hypothèse d'une explosion atomique accidentelle sur sol étranger. Ont participé à cet exercice le CA/CFSR, les postes d'alerte atomique, les laboratoires de l'organisation d'alarme, les fonctionnaires d'exploitation venant de différents départements fédéraux et l'organisation de transmission des corps de police cantonaux. De tels exercices contribuent de manière essentielle à la préparation de l'organisation d'alarme et permettent de mettre en évidence les lacunes existantes et d'y remédier.

Une convention entre le Conseil fédéral suisse et le Gouvernement de la République fédérale d'Allemagne sur la protection radiologique en cas d'urgence est entrée en vigueur le 10.1.79. Un accord analogue avec la France est entré en vigueur le 13.12.79.

2. SURVEILLANCE GÉNÉRALE

Aucun essai nucléaire aérien n'a été effectué en 1979. La dernière bombe atomique chinoise (20 kilotonnes) a explosé le 14.12.78 au Lop Nor.

2.1. Air (fig. 1, tabl. 1)

La radioactivité artificielle de l'air au sol en Suisse a été en 1979 à peu près égale à celle de 1976, année où l'on a enregistré les plus basses valeurs depuis le début des mesures en 1957. L'activité en césium-137 a baissé au quart des valeurs de 1978; celle des autres produits de fission à vies longues tels que le cérium-144, le rhodium-106 et l'antimoine-125 a reculé à des valeurs plus petites encore, conformément à leurs périodes. Actuellement, la radioactivité artificielle de l'air provient en grande partie encore de

la bombe chinoise de 4 mégatonnes du 17.11.1976. Des produits de fission à vies courtes ne sont apparus qu'au début de l'année; ils proviennent de la bombe du 14.12.78.

Au début de l'année 1979, des vols ont été effectués dans la troposphère supérieure afin d'établir si des produits de fission de la bombe du 14.12.78 ont atteint cette altitude. Comme l'on pouvait s'y attendre, vu le petit calibre de la bombe, le résultat a été négatif. Les vols ultérieurs dans la stratosphère inférieure n'ont révélé que des produits de fission à vies longues provenant d'explosions antérieures; leurs activités ont été 5 à 10 fois plus faibles que l'année précédente.

La dose artificielle due à l'air, par irradiation externe et inhalation, a été de l'ordre de 0,1 mrem/an ¹⁾ en 1979. Cette valeur contient les contributions des radionucléides à vies longues tels que le tritium, le carbone-14, le krypton-85 et l'iode-129 provenant d'explosions nucléaires antérieures, de réacteurs nucléaires et d'installations de retraitement du combustible, ainsi que la contribution de l'argon-37. Celui-ci provient en grande partie d'explosions nucléaires souterraines; son activité a varié en 1979 entre 0,025 et 9,3 pCi/m³ d'air. La composante artificielle de l'activité en carbone-14 produit une dose un peu plus grande, env. 0,3 mrem/an, par la voie de la nourriture.

Les mesures des radionucléides naturels dans l'air ont confirmé les résultats des années précédentes; on a enregistré les activités suivantes en pCi/m³ d'air: béryllium-7: 0,1, plomb-210: 0,01, émetteurs alpha à vies longues (principalement le polonium-210): < 0,01.

2.2. Précipitations (tabl. 2)

Une nouvelle station de prélèvement a été installée en 1979 près de la CN de Gösgen-Däniken (Niedergösgen).

La diminution de l'activité de l'air a eu aussi une influence sur celle de la pluie. En 1979, l'activité volumique des précipitations et l'activité précipitée au sol sont tombées en moyenne environ au tiers des valeurs de 1978, soit au même niveau qu'en 1976.

La retombée sèche à Locarno s'est élevée à 0,7 mCi/km² (1978: 1,3 mCi/km²), soit env. 1/10 de l'activité déposée avec les précipitations (7 mCi/km²).

L'activité moyenne en tritium dans les précipitations a reculé dans toutes les stations de 20 à 40% par rapport à 1978; elle a varié en 1979 entre 140 et 400 pCi/litre. Comme depuis quelques années, des valeurs accrues ont été enregistrées à Berne (1979: 630 pCi/litre, 1978: 850 pCi/litre) et à La Chaux-de-Fonds (1979: 1450 pCi/litre, 1978: 2100 pCi/litre) (v. aussi chap. 4.).

2.3. Eaux superficielles et souterraines, eau potable

Dans les échantillons mélangés mensuels d'eau fluviale, on a enregistré les activités alpha totales moyennes suivantes: Rhône à la

1) L'effet biologique des rayonnements ionisants est exprimé en rem (1 rem = 1000 mrem)

Porte du Scex: 1,5 pCi/litre; Rhin à Rekingen et Village Neuf: 1 pCi/litre; Rhône à Chancy (dès avril 1979), Tessin à Riazzino et Doubs à St-Ursanne: < 1 pCi/litre.

La radioactivité bêta totale de l'eau en ces endroits, ainsi qu'en amont et en aval des CN de Mühleberg, de Gösgen-Däniken et de Beznau est restée inférieure à 10 pCi/litre, à l'exception de 2 échantillons du Rhône prélevés à la Porte du Scex (20 pCi/litre). D'après le plan de mesure, on procède à l'analyse du strontium-90 lorsque les échantillons d'eau fluviale présentent une activité bêta totale supérieure à 50 pCi/litre. Le cas ne s'est pas présenté.

L'activité des oxalates de 6 échantillons prélevés dans le lac des Quatre-Cantons (en surface et à 40 m de profondeur) a été inférieure à 1 pCi/litre.

Conformément à la faible activité dans les précipitations, l'activité en tritium dans l'eau fluviale a légèrement diminué par rapport à 1978; elle a varié entre 100 et 600 pCi/litre. Seul le Doubs à St-Ursanne a présenté comme d'habitude une teneur accrue en tritium (v. chap. 4).

Les matières en suspension, les plantes aquatiques et les sédiments prélevés dans l'Aar en amont et en aval des centrales nucléaires et dans le Rhin à Leibstadt ont présenté des activités bêta totales (énergies bêta > 0,15 mégaelectronvolt) entre 10'000 et 35'000 pCi/kg de matière sèche (MS). Dans un seul échantillon de plantes aquatiques, prélevé le 9.8.79 dans le lac artificiel de Niederried, l'activité bêta totale a atteint 45'000 pCi/kg MS (étalonnage avec le potassium-40). L'analyse gamma de cet échantillon a révélé, outre 20'000 pCi/kg MS en radioisotopes naturels, une activité artificielle de l'ordre de 50'000 pCi/kg MS imputable en grande partie à des produits d'activation neutronique provenant de la CN de Mühleberg (manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, zinc-65). L'effet d'accumulation des radionucléides dans les plantes aquatiques fait de celles-ci des indicateurs très sensibles pour la détection de la radioactivité. Ces plantes ne sont pas utilisées dans l'alimentation humaine et sont par conséquent insignifiantes du point de vue de la radioprotection.

2.4. Terre et herbe (tabl. 3, 4)

Aux points de prélèvement que nous avons jusqu'à maintenant s'est ajouté le voisinage de la CN de Leibstadt actuellement en construction. Ces mesures servent au constat.

Les activités en strontium-90 et en césium-137 dans la terre sont restées en 1979 à l'intérieur du domaine de variation de ces dernières années; l'activité en césium-137 dans l'herbe a par contre diminué environ de moitié par rapport à 1978, passant en moyenne de 200 pCi/kg MS à 100 pCi/kg MS sur le Plateau suisse. Le fait que l'activité moyenne en chaque endroit a diminué et que l'activité en césium-137 dans l'herbe de Stillberg-Davos a également marqué une baisse, passant de 600 à 240 pCi/kg MS, montre bien que ce recul est significatif. La diminution de l'activité en strontium-90 dans

l'herbe n'est, par contre, que de l'ordre de 25%. Ce comportement différent est dû au fait que, pour l'herbe, le rapport entre l'absorption à travers le sol et le dépôt venant de l'air est notablement plus élevé pour le strontium que pour le césium.

D'autres produits de fission à vies longues provenant de la retombée radioactive due aux bombes (cérium-144, rhodium-106, antimoine-125) ont été trouvés dans la terre au voisinage des CN de Gösgen et de Mühleberg et à Grangeneuve; les activités de l'ordre de 100 pCi/kg MS correspondent approximativement à celles qui ont été observées en 1978 au voisinage de la CN de Gösgen dans le cadre des mesures pour le constat. Lors du constat à Leibstadt, ces radionucléides n'ont été que partiellement détectés dans le sol. Dans l'herbe, seul le cérium-144 a été détecté sans équivoque (en moyenne 150 pCi/kg MS); le rhodium-106 et l'antimoine-125 ont été parfois légèrement supérieurs, parfois inférieurs à la limite de détection située vers 50, respectivement 20 pCi/kg MS. Dans l'herbe, ces isotopes ont reculé d'un facteur 4 à 10 par rapport à l'année précédente.

Comme l'activité en césium-137 dans la couche supérieure du sol n'a pratiquement pas changé de 1978 à 1979, la dose externe causée par cet isotope pour un séjour permanent à l'extérieur est restée de l'ordre de 2 mrem/an.

2.5. Lait et autres denrées alimentaires (en collaboration avec la CRA)

L'activité en césium-137 et en strontium-90 dans le lait du Plateau suisse est, depuis quelques années, proche de la limite de détection, c.-à-d. inférieure à 10 pCi/litre; aucune différence entre les points de prélèvement au voisinage des centrales nucléaires et les points plus éloignés n'a été constatée. Par contre, nous savons par expérience que le lait prélevé en altitude contient des activités volumiques environ 10 fois plus élevées. En 1979, on a mesuré dans un échantillon provenant de Stillberg-Davos 76 pCi césium-137/litre et 44 pCi strontium-90/litre; l'activité bêta totale dans la fraction des oxalates de 53 échantillons de lait provenant de Mürren s'est élevée en moyenne à 47 pCi/litre, dont 33 pCi strontium-90/litre. Dans la fraction des oxalates de lait des Grisons, on a enregistré les activités moyennes suivantes (12 analyses pour chaque lieu): Coire: 4 ± 4 pCi/litre, Pontresina: 17 ± 4 pCi/litre, Davos: 23 ± 4 pCi/litre.

Dans des échantillons de froment prélevés au voisinage des centrales nucléaires (Leibstadt inclus), on a mesuré 16 à 24 pCi strontium-90/kg et 15 à 55 pCi césium-137/kg, comme dans les autres régions de Suisse. Les mesures de strontium-90 sur des fruits et légumes provenant de Suisse et d'Italie ont donné des activités de l'ordre de 10 pCi/kg.

Les mesures de noix (amandes) du Brésil, qui, comme on le sait, présentent une teneur en radium relativement élevée, ont donné les résultats suivants: radium-226: 450 pCi/kg, actinium-228 de la série du thorium: 800 pCi/kg, potassium-40: 5000 pCi/kg, strontium-90: 250 pCi/kg, césium-137: 30 pCi/kg.

Toutes les denrées alimentaires examinées sont inoffensives du point de vue de la radioprotection. Seule une consommation quotidienne de 100 g de noix de Brésil conduirait après env. 20 ans à la dose maximale admissible pour des individus de la population selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations (OPR).

2.6. Corps humain

Par la mesure du strontium-90 dans des vertèbres humaines provenant de la région lausannoise, on a obtenu pour le squelette en moyenne 0,7 pCi strontium-90/g calcium. Cette valeur, pratiquement constante depuis 1975, avec une légère tendance à la baisse, correspond à une dose annuelle inférieure à 2 mrem aux organes générateurs du sang.

En 1979, le Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI) à Genève a effectué des mesures gamma du corps entier sur 20 hommes et 20 femmes de 17 à 18 ans. Les résultats sont proches de la limite de détection de l'anthropogammamètre. La concentration moyenne en césium-137 s'est élevée à 15 pCi/kg pour les hommes et 16 pCi/kg pour les femmes. Cela signifie une dose au corps entier de 0,2 mrem/an pour les 2 sexes. La teneur moyenne en potassium-40 naturel s'est élevée à 2000 pCi/kg pour les hommes et à 1600 pCi/kg pour les femmes; ces concentrations produisent des doses de 18, respectivement 15 mrem/an au corps entier.

3. INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

(en collaboration avec la Division pour la sécurité des installations nucléaires, DSN, S. Prêtre)

3.1. Aperçu

Dans les centrales nucléaires sont créées par fission nucléaire et activation neutronique des matières radioactives dont une petite partie parvient dans l'environnement par les effluents gazeux et liquides. Par des mesures appropriées, telles que traitement des eaux résiduaires, installation au charbon actif ou réservoir de désactivation pour les gaz d'échappement, filtres à iode et à aérosols pour les effluents de la ventilation des bâtiments, les rejets sont fortement réduits. L'exploitant d'une installation doit constamment faire le bilan des émissions radioactives à l'intention des autorités. La DSN et la CFSR ont le droit en tout temps de prélever des échantillons et d'examiner tous les registres et enregistrements qui sont en rapport avec les rejets de matières radioactives. Toutes les méthodes appliquées par l'exploitant pour les analyses des rejets doivent satisfaire aux exigences de la DSN et de la CFSR et peuvent faire l'objet d'obligations spéciales que prescrit la DSN en sa qualité d'organe de contrôle.

Les doses maximales admissibles pour des individus de la population sont fixées à l'art. 44 de l'ordonnance concernant la protection contre les radiations (OPR; par exemple 500 mrem/an au corps entier). Les doses ambiantes aux endroits accessibles au public à l'extérieur d'installations génératrices de radiations ionisantes (art. 53) et d'entrepôts de sources radioactives (art. 98) sont limitées à 10 mrem par semaine, c.-à-d. 500 mrem/an. A l'art. 107, les émissions radioactives sont limitées de telle manière que les concentrations dans l'air et dans l'eau ne dépassent pas 1/300^e des valeurs directrices

applicables aux personnes professionnellement exposées aux radiations; les doses résultant de ces immissions sont donc limitées à 50 mrem/an par l'air et à 50 mrem/an par l'eau. Pour fixer les limites des rejets des centrales nucléaires, on applique des directives élaborées par la DSN, la Commission fédérale pour la sécurité des installations atomiques et la CFSR; les rejets sont limités de telle manière qu'aucune personne du voisinage ne puisse recevoir une dose supplémentaire supérieure à 20 mrem/an. D'après ces directives également, le rayonnement direct provenant d'une centrale nucléaire ne doit causer en aucun lieu accessible, situé hors du terrain clôturé, un débit de dose ambiante supérieur à 10 mrem/semaine. On procèdera à une limitation supplémentaire de ce débit de dose ambiante, s'il faut prévoir que la dose accumulée annuelle à des individus de la population, par toutes les voies d'irradiation, dépassera 30 mrem, compte tenu de la durée prévisible d'exposition au rayonnement direct. La durée d'exposition prévisible doit être établie sur la base d'hypothèses prudentes et en tenant compte des particularités locales.

Les émissions maximales admissibles sont fixées à l'aide de modèles de dispersion, de telle manière que ces limites de dose ne soient pas dépassées. Les mêmes modèles sont appliqués pour calculer, à partir des rejets annuels effectifs, les doses que les personnes vivant dans le voisinage peuvent recevoir dans les conditions les plus défavorables. On admet pour ces calculs un séjour permanent à l'endroit critique, l'alimentation des bébés avec du lait de vaches paissant en ce lieu, la consommation d'eau et de poisson (20 kg par année) provenant du cours d'eau recevant les eaux résiduaires en aval de la centrale. Ces modèles doivent tenir compte des conditions météorologiques à l'endroit de la centrale, en particulier de la distribution des vents, ainsi que de la topographie et de la hauteur de la cheminée; ils présupposent également la connaissance de la vitesse de sédimentation des aérosols et du transfert des matières radioactives de l'air et du sol dans les plantes et la nourriture.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le rapport 1978 (p. 50), le modèle de dispersion des effluents gazeux de la CN de Mühleberg a été vérifié expérimentalement. On a constaté que les doses annuelles supplémentaires imputables aux gaz rares radioactifs dans l'air peuvent être déterminées avec une précision d'un facteur 2 à 4 ¹⁾. En ce qui concerne les vitesses de sédimentation ainsi que les facteurs de transfert dans les plantes, de nombreux résultats expérimentaux ont été publiés dans la littérature spécialisée. La comparaison avec les mesures des retombées radioactives de la CFSR depuis 1958 montre que ces valeurs sont aussi applicables en Suisse. L'OPR est déterminante pour calculer l'incorporation de matières radioactives chez l'homme, leur assimilation dans les différents organes et les doses qui en résultent; elle se base sur les travaux de la Commission internationale de protection radiologique.

Le contrôle des émissions d'une centrale nucléaire est complété par la surveillance au voisinage. La dose ambiante et la radioactivité dans les différentes voies d'irradiation sont déterminées selon un

1) G. Schriber, Beiträge zur Bestimmung der Strahlenbelastung in der Umgebung von Kernkraftwerken, thèse à l'Université de Berne, 1979

programme de prélèvement d'échantillons et de mesure propre à chaque centrale. La radioactivité de l'air, des aérosols, des précipitations, du sol, de l'herbe, du lait, des céréales, des eaux, des plantes aquatiques, des matières en suspension dans l'eau, des sédiments et des poissons est mesurée au voisinage de la centrale. Les résultats obtenus par l'exploitant sont vérifiés par échantillonnage. La dose ambiante est enregistrée en plusieurs points à l'aide de dosimètres à thermoluminescence et de chambres à ionisation. Les méthodes de mesure permettent de constater une augmentation inadmissible des doses ambiantes et des immissions consécutives à des rejets excessifs de la centrale. Tant que les valeurs mesurées se trouvent à l'intérieur du domaine de variation de la radioactivité naturelle et de la retombée mondiale au point de mesure, on peut conclure qu'aucune personne du voisinage ne reçoit une dose supérieure à 20 mrem/an, imputable aux rejets de la centrale.

Les mesures pour le constat radiologique avant la mise en service au voisinage de la centrale nucléaire de Leibstadt (CNLE) ont débuté en été 1979. Elles comprennent les mêmes mesures de radioactivité et de dose ambiante que celles prévues dans le programme de surveillance du voisinage après la mise en service. Ce programme a été établi en collaboration avec la DSN, le Service de la protection de l'air à Payerne et les services engagés pour les mesures et les prélèvements d'échantillons. Comme la CNLE est située à la frontière germano-suisse, les programmes de mesure et les méthodes d'investigation des deux côtés de la frontière ont été coordonnés avec le Ministère du travail, de la santé et de l'ordre social de l'Etat de Bade-Wurtemberg à Stuttgart et l'Office pour la protection de l'environnement à Karlsruhe. Il a été convenu d'échanger et de discuter périodiquement les résultats et de procéder à des mesures parallèles en vue de la comparaison des méthodes de mesure.

3.2. Emissions des installations nucléaires en 1979 (fig. 2, tabl. 5-12)

Les rejets liquides et gazeux des installations nucléaires dans l'environnement sont présentés au tableau 5; celui-ci contient également les doses maximales aux personnes, calculées à partir des rejets, et les rejets annuels maxima autorisés d'après le règlement. Comme lors des années précédentes, les rejets en 1979 ont été très inférieurs aux limites.

Un nouveau système de mesure des rejets à la cheminée de la CN de Beznau (CNB) a été mis en service en janvier 1979; il permet de faire le bilan spécifique à chaque nucléide. A la CN de Mühleberg (CNM) également, des instruments de mesure plus sensibles pour la surveillance continue des rejets de gaz rares ont été installés en septembre. A partir d'août, le bilan des rejets d'aérosols est fait chaque semaine spécifiquement selon les nucléides. Pour les analyses quotidiennes d'échantillons de gaz d'échappement, ceux-ci sont maintenant pompés dans une bouteille sous une pression de 200 bar.

Les mesures parallèles effectuées par les CN, la DSN et la CFSR ont donné, compte tenu de la précision de mesure, des résultats concordants. Dans les échantillons d'eaux résiduaire de la CNM, on a observé une concordance moins bonne pour les produits d'activation tels que le manganèse-54, le cobalt-60 et le zinc-65 que pour les produits de fission tels que le césium-134, le césium-137 et l'iode-

131; cela est dû au dépôt dans les récipients de mesure, la solubilité mesurée des produits d'activation variant entre 10 et 40% et celle des produits de fission entre 80 et 100%.

D'après les prescriptions pour les centrales nucléaires, l'activité volumique dans les tanks d'eaux résiduelles avant rejet ne doit pas dépasser $10 C_w$ ¹⁾ (CNB et CNM), respectivement $5 C_w$ (CN de Gös-gen, CNG). Les mesures d'échantillons d'eaux résiduelles ont donné les concentrations maximales suivantes: CNB: $7 C_w$, CNM: $2 C_w$, CNG: $10^{-4} C_w$, Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs (IFR): $3 \cdot 10^{-2} C_w$. Dans les eaux résiduelles de la CN de Lucens (CNLU), on a enregistré 180 - 240 pCi césium-137/litre, 50 - 70 pCi strontium-90/litre et 0,15 - 0,48 μ Ci tritium/litre. A la CNB, les effluents radioactifs liquides sont dilués dans des eaux usées inactives rejetées simultanément. Les échantillons prélevés pendant le rejet d'un tank dans la conduite des eaux résiduelles avant l'entrée dans l'Aar ont présenté des concentrations inférieures à $2 C_w$. La concentration dans les 12 échantillons mélangés mensuels d'eaux résiduelles de la CNM a toujours été inférieure à $1 C_w$. Les échantillons provenant du puisard recueillant les eaux d'infiltration de la caverne de la CNLU ont présenté les activités suivantes: 640-770 pCi césium-137/litre, 7-20 pCi strontium-90/litre, 0,92-2,1 μ Ci tritium/litre.

La part des nucléides à vies longues a été déterminée dans des échantillons de filtres à aérosols provenant de la CNM. On a obtenu les résultats suivants (en μ Ci/semaine): cobalt-60: 0,9; antimoine-125: 0,44; césium-134: 0,42; césium-137: 1,4. Les échantillons de filtres à aérosols et de charbon actif (pour la détermination des rejets d'iode sous forme gazeuse) provenant de la CNG ont présenté les activités suivantes (en pCi/semaine): iode-131 sous forme gazeuse: 440 à 1700, sous forme d'aérosol: 10 à 44; iode-133 sous forme gazeuse: 100 à 1300, sous forme d'aérosol: 30; chrome-51: 20; antimoine-125: 30; césium-137: 2.

Les 2048 personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession dans les installations nucléaires ont accumulé en 1979 694 rem, soit en moyenne 340 mrem par personne 2).

3.3. Surveillance du voisinage

3.3.1. Dose gamma externe (fig. 3)

La dose externe au voisinage des installations nucléaires est surveillée au moyen de dosimètres à thermoluminescence (TLD) qui sont évalués trimestriellement. La précision de la dose annuelle obtenue

-
- 1) $1 C_w$ est l'activité volumique dans l'eau qui, en cas de consommation continue de 1,1 litre par jour pendant 250 jours par an (personnes professionnellement exposées aux radiations), engendrerait une dose au corps entier de 5 rem/an (5000 mrem/an)
 - 2) Rapport 1979 du Groupe d'experts pour la dosimétrie individuelle, Commission fédérale de la protection contre les radiations

ainsi est de l'ordre de 15 à 20%. En 4 points au voisinage de chaque installation, la CFSR a installé en plus ses propres TLD. Par suite de différences dans la composition et la teneur en eau du sol et de la proximité de bâtiments, les valeurs varient légèrement d'un point de mesure à l'autre.

Par la surveillance au voisinage des installations nucléaires au moyen de TLD, on a enregistré en 1979 les doses annuelles suivantes (en mrem, fond naturel inclus; lors de moyennes sur plusieurs points, l'écart standard est donné):

<u>- Voisinage de l'IFR, de l'Institut suisse de recherche nucléaire (ISN) et de la CNB, 35 points de mesure:</u>	
- Ile de Beznau, à 700 m de la CNB	75
- 6 points autour de la CNB à 1 km de distance	64+7
- 3 points à l'extérieur de la clôture de l'IFR, dans les deux directions principales des vents, à une distance de 0,5 à 1 km	71
- 11 points répartis autour de l'IFR à une distance de 1 km	65+6
- 10 dosimètres dans les localités avoisinantes: Würenlingen, Stilli, Villigen, Klein-Döttingen, Full, Koblenz, au bord du lac de Klingnau	70+6
- Muri	69

<u>- Voisinage de la CNM, 17 points de mesure:</u>	
- Moyenne sur tous les points	100+7
(mesure parallèle par l'IFR)	99+5
- Valeurs les plus basses: Leimeren	89
hint. Rewag	89
Talmatt	91
- Valeurs les plus hautes: Fuchsenried	107
Murzelen	105
Ufem Horn	105

A partir de juillet 1979, 10 dosimètres supplémentaires ont été installés au voisinage immédiat de la CNM pour enregistrer le rayonnement direct. Ils ont donné les résultats suivants (en mrem/an, extrapolés sur toute l'année):

- Chemin contournant, 2 points à la lisière de la forêt au sud du bâtiment du réacteur	{ 270 180
- Chemin forestier supérieur, Runtigenrain, sud du bâtiment du réacteur (2 points de mesure)	
- Maison de week-end sur la rive droite de l'Aar, vis-à-vis du bâtiment du réacteur	140
- Pavillon des visiteurs	136
- 4 points le long de la clôture du terrain	232
	274

- Voisinage de la CNG, 21 points de mesure:

- | | |
|--|------|
| - Moyenne de toutes les stations | 78+8 |
| - 5 points dans un rayon de 1 km de la CNG | 69+5 |

Les TLD de la CFSR installés en 4 points ont donné, compte tenu de la précision de mesure, des résultats concordant avec ceux de la CNG en ces points.

- Voisinage de la CNLE, 17 points de mesure:

- | | |
|--|------|
| - Moyenne de toutes les stations (à partir de l'été) | 73+7 |
|--|------|

En plus des TLD, des mesures du débit de dose ambiante sont également effectuées au moyen de chambres à ionisation: de courtes mesures (quelques minutes) à 30 - 40 points au voisinage de la CNG et de la CNLE, des enregistrements continus en quelques points (CNM: Ufem Horn et poste de couplage des Forces motrices bernoises (FMB), CNG: poste de couplage de la Société d'électricité Aar et Tessin (ATEL) à Niedergösgen). En 1979, on a obtenu les résultats suivants (extrapolés sur toute l'année, en mrem/an):

- Moyenne au voisinage de la CNG (courtes mesures à 40 points)	78	(Ecart
- Parmi les points précédents, moyenne de ceux qui se trouvent dans un rayon de 1 km de la CNG (réacteur en service)	76	standard
- Moyenne au voisinage de la CNLE (courtes mesures à 32 points)	68	des valeurs mesurées: 5 à 10%)
- CNM: Ufem Horn (pendant 9 mois)	105	
- CNM: poste de couplage FMB (pendant 10 mois)	95	(Précision 5 à 10%)
- CNG: poste de couplage ATEL, Niedergösgen (pendant 10 mois)	78	

Sur la base des enregistrements continus du débit de dose effectués durant ces dernières années à Ufem Horn, 500 m à l'ouest de la CNM, on a pu, par corrélation avec l'enregistrement automatique des échappements de gaz rares à la cheminée, déterminer le facteur de dilution à long terme à cet endroit. On a trouvé $(7+4) \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^2 \text{ l})$, en bonne concordance avec les expériences antérieures (méthode avec le xénon-133) où l'on a obtenu à cet endroit $(5-10) \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^2$. Une méthode pour la détermination des plus petites contributions à la dose dues aux effluents gazeux de la CNM a été essayée; elle

1) J. Czarnecki, H. Völkle et S. Prêtre, Detection of Low-Level Environmental Exposure Rates Due to Noble Gas Releases from the Mühleberg Nuclear Power Plant. 5^e congrès international de l'AIRP, Jérusalem, mars 1980

permet, par corrélation avec la direction du vent à la cheminée, la quantité de pluie et l'épaisseur de la neige, de différencier les variations conditionnées par les influences du temps et celles occasionnées par les échappements à la cheminée 1).

Des doses ambiantes accrues causées par le rayonnement direct au voisinage immédiat des installations nucléaires, à l'extérieur de la clôture, n'ont été constatées qu'à la CNM, l'IFR et la CNLU (cf. rapport annuel 1978, p. 54 à 58). Près de la CNM, le rayonnement direct provenant du bâtiment des machines (azote-16 dans le circuit primaire) et de l'entrepôt provisoire des fûts de déchets à l'ouest du bâtiment du réacteur produit des doses ambiantes jusqu'à 500 mrem/an.

Au sud de l'enceinte de l'IFR, des sources d'étalonnage occasionnent une valeur accrue de 0,5 à 1 mrem/heure. Selon les indications de l'IFR, ces sources ne se trouvent que quelques heures par année en position d'irradiation, si bien que la dose annuelle supplémentaire aux personnes à l'extérieur de la clôture est inférieure à 20 mrem. Sur un petit espace près de l'entrepôt de déchets et sur le terrain de mesure de l'école de radioprotection, on a enregistré des doses ambiantes jusqu'à 500 mrem/an.

Des doses ambiantes accrues autour de la CNLU ont été mesurées pour la première fois en 1978. Sur la base de ces résultats, l'exploitant de l'installation a pris des mesures pour diminuer le débit de dose à l'extérieur de l'enceinte. L'érection d'un mur et le déplacement de la clôture près de l'entrepôt de déchets (entreposage de composantes de l'ancien réacteur) ont permis de réduire la dose ambiante supplémentaire près de la clôture; elle ne s'élève plus qu'à 140 mrem/an côté route et 370 mrem/an côté mont. L'art. 98 de l'OPR est ainsi respecté; celui-ci limite en effet à 10 mrem/semaine, respectivement 500 mrem/an au maximum la dose ambiante à l'endroit où des personnes peuvent se tenir à l'extérieur de tels entrepôts. Pour améliorer l'enregistrement d'un rayonnement direct éventuel, des dosimètres supplémentaires doivent être installés le long de la clôture à la CNG et à la CNB.

La dose neutronique occasionnée par les accélérateurs de particules au voisinage de l'ISN est mesurée en 6 points à l'aide de dosimètres spéciaux; un point de référence se trouve à Ennetbaden. Uniquement pendant les deux derniers trimestres, en un point situé à 140 m ONO de l'ISN, on a pu mettre en évidence une dose neutronique légèrement accrue ($2,2 \pm 0,5$ et $2,5 \pm 0,5$ mrem/trimestre) par rapport au fond ($0,5 \pm 0,5$ mrem/trimestre).

1) H. Völkle et J. Czarnecki, Kontinuierliche Messung der Dosisleistung aus der Abluftfahne eines Kernkraftwerkes. Réunion annuelle du Fachverband für Strahlenschutz, Norderney (RFA), octobre 1978

3.3.2. Aérosols

On surveille la radioactivité des aérosols en les recueillant sur des plaques de vaseline et en mesurant mensuellement leur activité bêta totale. En 1979, on a obtenu les résultats suivants:

Lieu	Nombre de points	Moyenne (\pm écart standard) en mCi/km ²
IFR/ISN/CNB	7	IFR nord: 3,4; les 6 autres points: 1,2 \pm 0,2
CNM	11	0,8 \pm 0,2; minimum: Salvisberg: 0,6 maximum: Wileroltigen: 1,3
CNG	4	1,4 \pm 0,2
CNLE	4	0,6 \pm 0,2; à partir d'août, extrapolation sur toute l'année

Uniquement à l'emplacement situé au nord de l'IFR, on a observé, à partir de la mi-septembre et jusqu'à la fin de l'année, une activité légèrement accrue des aérosols; elle a été occasionnée par l'installation d'incinération des déchets radioactifs, en service durant cette période. L'origine des aérosols a été également confirmée par des analyses sélectives des différents nucléides.

Des aérosols sont en outre recueillis au moyen d'appareils de filtrage de l'air au nord de l'IFR et près de la CNG (Niedergösgen, près du poste de couplage de l'ATEL) et analysés en spectroscopie gamma. Les filtres de Niedergösgen n'ont présenté que des produits de fission provenant de la retombée radioactive des bombes, dans des concentrations semblables à celles rencontrées sur les filtres de Fribourg; à l'IFR, on a observé par contre, du 17.9 au 14.12.79 (installation d'incinération en service), des concentrations en césium-137 variant entre 1 et 17 fCi/m³ d'air (1 fCi = 1 femtocurie = 10⁻¹⁵ Ci), à comparer aux valeurs correspondantes (0,1 à 0,5 fCi/m³) mesurées sur les filtres de Fribourg et de Niedergösgen pendant la même période. Pendant ce temps, sur les filtres du nord de l'IFR, on a trouvé aussi des traces de césium-134, cobalt-60, tellure-121m, tellure-123m, iode-131 et argent-110m provenant également de l'installation d'incinération. Aucune influence de celle-ci n'a été constatée sur l'activité en strontium-89, strontium-90 et alpha.

Des échantillons de précipitations sont recueillis à Niedergösgen; leur activité bêta totale est déterminée hebdomadairement. Aucune différence significative n'a été observée par rapport aux autres régions du Plateau suisse.

3.3.3. Mesures du carbone-14 dans le feuillage

Dans le but de mettre en évidence une éventuelle influence des rejets de carbone-14 par les centrales nucléaires, des mesures du carbone-14 dans le feuillage ont été effectuées au voisinage de la CNM (prélèvement d'échantillons les 10 et 14.9.77) et de la CNG (pré-

lèvement d'échantillons le 9.10.79)¹⁾. Le CO₂ de l'air est assimilé par les plantes pendant leur période de croissance. Le carbone-14 présent actuellement dans l'air est pour les 3/4 d'origine naturelle (créé par le rayonnement cosmique) et 1/4 d'origine artificielle (explosions d'armes nucléaires). Au voisinage de la CNG, en 1979, on n'a pas constaté d'augmentation significative de la teneur en carbone-14 des feuilles (CNG en essai d'exploitation à puissance réduite); autour de la CNM, on a observé par contre, jusqu'à une distance de 2 à 3 km, une augmentation de 5 à 10% concordant avec les valeurs calculées à partir des rejets à l'aide du modèle de dispersion.

3.3.4. Terre, herbe, céréales, lait

Des échantillons de terre, d'herbe, de céréales et de lait sont prélevés périodiquement au voisinage des installations nucléaires; ils n'ont présenté aucune différence significative par rapport aux échantillons correspondants provenant d'autres régions du pays (v. tabl. 3).

3.3.5. Eaux, sédiments, plantes aquatiques, poissons

Des échantillons d'eau fluviale en amont et en aval des installations nucléaires sont prélevés de manière continue; leur activité bêta totale est mesurée hebdomadairement; en 1979, les résultats ont tous été inférieurs à 10 pCi/litre. Des analyses gamma d'échantillons d'eau de l'Aar en amont et en aval de l'IFR ont révélé parfois des traces d'iode-131 provenant des hôpitaux. Les échantillons d'eau souterraine prélevés périodiquement aux stations de pompage autour des installations nucléaires ont présenté des activités bêta totales inférieures à 5 pCi/litre. L'activité en tritium des échantillons d'eau fluviale et souterraine a varié le plus souvent entre 200 et 600 pCi/litre. Une influence des installations nucléaires sur l'eau n'a donc pas été observée.

Des activités d'iode-131, césium-137, césium-134, ainsi que de manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, zinc-65 etc. provenant des rejets des installations nucléaires et des hôpitaux ont été parfois détectées dans les échantillons de matières en suspension dans l'eau, de sédiments et de plantes aquatiques; elles n'ont cependant pas pu provoquer des doses inadmissibles aux personnes.

Seules des traces de césium-137 (≤ 80 pCi/kg matière fraîche) ont été trouvées dans les échantillons de chair de poisson.

1) G. Schriber, J. Czarnecki, H. Loosli et H. Oeschger, Emissions- und Immissionsmessungen von Kohlenstoff-14 beim Kernkraftwerk Mühleberg, Schweiz. Congrès sur les problèmes de radioprotection en rapport avec l'utilisation du tritium et du carbone-14 et de leurs composés, Berlin, novembre 1979

4. INDUSTRIES, HÔPITAUX

4.1. Stations d'épuration des eaux usées (STEP) (fig. 4)

La mesure de la radioactivité contenue dans les eaux usées des agglomérations de Bâle et Genève a lieu après leur mélange dans le Rhin à Village Neuf, respectivement après leur mélange dans le Rhône à Chancy. La radioactivité des eaux usées des trois autres grandes villes est mesurée à la sortie des STEP.

STEP de Zürich-Werdhölzli. L'activité alpha moyenne a été inférieure à 1 pCi/litre, l'activité en tritium de 420 pCi/litre. L'activité bêta totale (énergies $\beta > 150$ kiloélectronvolt) a présenté comme ces dernières années de grandes variations (moyennes hebdomadaires entre 7 et 118 pCi/litre à la date de mesure, étalonnage avec le potassium-40). Cette activité provient essentiellement des rejets d'iode par les hôpitaux; les analyses gamma ont révélé une moyenne annuelle de 114 pCi iode-131/litre d'eaux usées à la STEP. La limite de 200 pCi iode-131/litre dans le récepteur selon l'OPR a été dépassée pendant 4 semaines (moyenne hebdomadaire maximale: 520 pCi/litre). La quantité totale d'iode-131 déversée en 1979 dans la Limmat via la STEP der Werdhölzli peut être évaluée à 10 Ci. La concentration moyenne en iode-131 ainsi occasionnée dans la Limmat s'est élevée à 3 - 4 pCi/litre. L'usage permanent de cette eau comme eau potable aurait produit une dose de l'ordre de 6 mrem/an à la glande thyroïde (valeur maximale admissible pour des individus de la population de moins de 16 ans: 1500 mrem/an).

STEP de Berne-Stuckishaus. L'activité bêta totale de l'eau de la STEP de Berne s'est élevée en moyenne annuelle à 24 pCi/litre (énergie $\beta > 150$ keV, activité référée à la date de mesure, étalonnage avec le potassium-40). Cela correspond à un écoulement annuel total de 1 à 2 Ci d'émetteurs bêta. Les analyses gamma effectuées sur les deux échantillons les plus actifs ont montré des activités en iode-131 de 430 et 200 pCi/litre; la limite de 200 pCi iode-131/litre dans le récepteur selon l'OPR a été dépassée pendant une semaine. L'activité moyenne en tritium de l'eau de la STEP de Berne a été de l'ordre de 1000 pCi/litre; les moyennes hebdomadaires ont varié entre 600 et 2000 pCi/litre; ces valeurs sont très inférieures à la limite de $3 \cdot 10^5$ pCi/litre applicable au récepteur. L'augmentation moyenne de l'activité en tritium dans l'Aar qui en découle est évaluée à 20 pCi/litre. L'eau de la STEP présente des concentrations en tritium plus élevées que dans les précipitations à Berne (moyenne annuelle: 630 pCi/litre, v. chap. 2.2.). 11 échantillons d'eau souterraine proche de la surface provenant de la région de Berne ont présenté des activités en tritium variant entre 700 et 900 pCi/litre.

STEP de Fribourg. 4 échantillons d'eau de la STEP de Fribourg ont présenté des activités en iode-131 inférieures à la concentration maximale admissible de 200 pCi/litre dans le récepteur. La teneur en tritium s'est élevée à 250 pCi/litre.

STEP de Lausanne. Les eaux usées de Lausanne ont présenté les activités volumiques moyennes suivantes: activité alpha totale: < 1 pCi/litre, activité bêta totale: 8 pCi/litre, tritium: 230 pCi/litre; ces valeurs sont comparables à celles observées dans la pluie et l'eau fluviatile.

4.2. Tritium dans la région de La Chaux-de-Fonds (fig. 5, 6)

Dans les échantillons mélangés mensuels d'eau de pluie des "Anciens Moulins" au nord de la ville, on a enregistré 500 à 4000 pCi tritium/litre; la moyenne annuelle pondérée s'est élevée à 1450 pCi/litre. Cela correspond à une diminution d'env. 1/4 par rapport à l'année précédente. A la station de référence des Hauts-Geneveys (en moyenne 380 pCi tritium/litre), on a observé également une légère diminution (1978: 470 pCi/litre).

La moyenne mensuelle de la teneur en tritium des échantillons d'eau de la STEP de la ville a varié entre 60'000 et 270'000 pCi/litre; la moyenne annuelle s'est élevée à 137'000 pCi/litre; ces valeurs sont semblables à celles des années précédentes. On constate une fois de plus qu'en 1979 env. 1000 Ci de tritium provenant de La Chaux-de-Fonds sont parvenus dans le Doubs par les eaux usées.

Dans l'eau du Doubs en aval de La Chaux-de-Fonds (à St-Ursanne), on a enregistré comme d'habitude des moyennes hebdomadaires variant entre 500 et 10'000 pCi tritium/litre. L'usage exclusif de cette eau comme eau potable aurait occasionné une dose inférieure à 1 mrem/an. L'eau potable de La Chaux-de-Fonds provient des gorges de l'Areuse; sa teneur en tritium ne se différencie guère de celle des autres villes.

Comme le montre depuis plusieurs années la mesure d'échantillons, la teneur en tritium de l'eau du Doubs en amont de La Chaux-de-Fonds est semblable à celle des autres rivières suisses (v. chap. 2.3.). Les sources alimentées par de l'eau d'infiltration provenant de la région de La Chaux-de-Fonds amènent dans le Doubs de l'eau contenant quelques milliers de pCi de tritium par litre.

4.3. Entreprises industrielles particulières (fig. 7 - 9)

Radium-Chemie AG, Teufen (AR)

Par les eaux résiduaires, l'entreprise Radium-Chemie AG à Teufen a rejeté en 1979 moins de 1 Ci de tritium à la canalisation. Des échantillons d'eau de la STEP de Teufen (débit moyen: 1200 m³/jour) ont présenté des concentrations variant entre 2000 et 4000 pCi/litre. Cette activité provient pour moins de la moitié des eaux résiduaires de l'entreprise; la plus grande partie est amenée par la pluie et l'eau d'infiltration qui contiennent le tritium rejeté avec les effluents gazeux de l'entreprise. Les mesures de la teneur en tritium de l'humidité de l'air, effectuées en 5 points au mois d'octobre 1979, ont donné une valeur maximale de 1000 pCi/m³ d'air à l'extérieur de l'enceinte de l'entreprise, directement à la clôture (concentration maximale admissible selon l'OPR: 30'000 pCi/m³).

Parmi les échantillons d'eau prélevés dans le voisinage, c'est la fontaine mentionnée dans les rapports antérieurs, située à 140 m à

l'ouest de la cheminée, qui a présenté la plus forte concentration en tritium, à savoir $0,8 \cdot 10^6$ à $1,7 \cdot 10^6$ pCi/litre. Comme les années précédentes, des teneurs en tritium variant entre $3 \cdot 10^4$ et $5 \cdot 10^4$ pCi/litre ont été observées dans le ruisseau près de la fabrique de peintures lumineuses, dans lequel s'écoule l'eau de la fontaine. Avec moins de 2000 pCi/litre, l'eau potable de la commune de Teufen a produit une dose annuelle inférieure à 1 mrem et ne présente donc aucun danger.

Les investigations ¹⁾ effectuées depuis 1972 sur la contamination au tritium ont montré que la teneur en tritium des précipitations et de l'eau du sol (eau de source et d'infiltration) au voisinage de l'entreprise Radium-Chemie AG est accrue. La concentration maximale aux abords immédiats était quelques centaines de fois plus élevée que dans les précipitations provenant d'autres régions du pays; une influence était observable jusqu'à plusieurs km de distance. Cette augmentation se reflète dans l'eau des matières biologiques, hommes et animaux compris. La concentration en tritium lié à l'eau dans l'homme et les animaux dépend de manière déterminante de la distance et de la direction du lieu de séjour par rapport à la fabrique. Ces recherches ont montré entre autres que la teneur en tritium des précipitations à 65 m à l'est de la cheminée de la fabrique a baissé de $1,8 \cdot 10^5$ - $1,1 \cdot 10^6$ pCi/litre (moyenne: $4 \cdot 10^5$ pCi/litre) avant le 15 mai 1979 à $4 \cdot 10^4$ - $2,2 \cdot 10^5$ pCi/litre (moyenne: $7 \cdot 10^4$ pCi/litre) pendant le reste de l'année. Seules des mesures de plus longue durée montreront si ce recul est couplé à la mise en service en mai d'une installation de récupération du tritium.

La mesure de la teneur en tritium de l'urine permet de déterminer la dose due au tritium absorbé dans le corps. L'urine de 65 personnes (1 échantillon par personne) habitant à une distance de 50 à 400 m de l'entreprise a été examinée en octobre 1979. La dose hypothétique aux personnes, calculée sur la base de ces mesures, s'est élevée à 6 mrem/an au maximum et à 1,5 mrem/an en moyenne. Les immissions maximales admissibles de tritium selon l'OPR entraîneraient 50 mrem/an.

Les contaminations du sol mentionnées dans le rapport annuel 1978 et les doses ambiantes accrues qui en découlent sur le terrain de l'entreprise ont été inventoriées en détail par la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA); celle-ci a également ordonné les mesures d'assainissement nécessaires. La dose par irradiation externe et par inhalation de tritium aux habitants d'une maison située sur le terrain de l'entreprise a été estimée par la CNA (organe de contrôle); elle est inférieure à 500 mrem/an, dose maximale admissible pour des individus de la population selon l'OPR.

1) M. Bezzegh, Gaz-Eaux-Eaux usées 55 (1975) 787

M. Bezzegh, K. Steiner et U. Ritter, Gaz-Eaux-Eaux usées 59 (1979) 329

M. Bezzegh, U. Ritter, K. Steiner et A. Lück, Gaz-Eaux-Eaux usées 60 (1980) 19

Des mesures de contamination et de débit de dose ont été effectuées à l'extérieur du terrain de l'entreprise, le long de la clôture, ainsi que sur l'ancien dépotoir Bächli à Teufen (terrain de la protection civile) et sur le dépotoir de Stein /AR.

A l'est de l'enceinte de la fabrique, à 1 m à l'extérieur de la clôture, au voisinage de l'endroit où l'on a trouvé la plus forte teneur en radium sur le terrain de l'entreprise, on a observé également des contaminations accrues dans le sol: 80'000 pCi radium-226/kg matière sèche (MS) et 2300 pCi strontium-90/kg MS dans les couches supérieures du sol, encore 10'000 pCi radium-226/kg MS à 1 m de profondeur. A quelques mètres de cet endroit, on a enregistré encore 20'000 pCi radium-226/kg MS dans la couche superficielle du sol. Les échantillons d'herbe prélevés au premier point ont présenté 2000 pCi radium-226/kg MS. A cet endroit, sur quelques mètres le long de la clôture, le débit de dose ambiante est accru; ceci est dû en partie à la contamination du sol et en partie aussi au rayonnement direct provenant du terrain de l'entreprise. La dose ambiante annuelle, calculée sur la base des valeurs mesurées, s'élève au maximum à 540 mrem. Comme personne ne se tient un temps prolongé à cet endroit, la dose qui en résulte pour les personnes est cependant insignifiante. Une augmentation de la concentration du radium-226 dans l'air (aérosols) n'a pas été observée. Dans deux autres échantillons de terre prélevés à 150 m à l'ouest et à 250 m OSO de l'entreprise, on a enregistré 1300, respectivement 1500 pCi radium-226/kg MS et 220, resp. 310 pCi strontium-90/kg MS; ces valeurs ne sont pas significativement plus élevées que dans d'autres régions de Suisse. (Dans les échantillons de terre prélevés sur le Plateau suisse, on a enregistré entre 500 et 1500 pCi radium-226/kg MS et entre 100 et 300 pCi strontium-90/kg MS). Dans le ruisseau en bas de l'entreprise (au sud), on a mesuré des concentrations en radium-226 entre 1 et 3 pCi/litre et une activité bêta totale de 4 pCi/litre.

Dans les échantillons prélevés au dépotoir Bächli à Teufen (terrain de la protection civile), on a enregistré les activités suivantes: terre: entre 1300 et 2300 pCi radium-226/kg MS; boue et sédiments provenant du drainage du dépotoir: entre 7000 et 73'000 pCi radium-226/kg MS et 11'000 pCi strontium-90/kg MS; eau d'infiltration: \leq 20 pCi radium-226/litre et 540 pCi strontium-90/litre. La teneur en tritium de cette eau a varié entre 550'000 et 710'000 pCi/litre. Les doses ambiantes sur le terrain de la protection civile ont varié entre 6 et 12 microröntgen/heure; elles ne présentent donc aucune augmentation par rapport au fond naturel.

Sur le dépotoir de Stein /AR, on a observé en un point une contamination accrue du sol. Dans les 2 échantillons de terre prélevés à cet endroit, on a enregistré 4000 et 15'000 pCi radium-226/kg MS, 460 et 1200 pCi strontium-90/kg MS. Dans le drainage du dépotoir, on a trouvé env. 1 pCi radium-226/litre. La teneur en tritium de cette eau s'est élevée à 950'000 pCi/litre. Le débit de dose ambiante sur le terrain a varié partout entre 6 et 12 μ R/h; il ne présente donc aucune augmentation par rapport au fond naturel.

Bien que ces contaminations du sol soient en quelques points nettement mesurables, il n'existe aucun risque que des personnes soient

par là exposées à des irradiations inadmissibles, car la radioactivité est en grande partie fixée dans le sol. L'assainissement de quelques endroits est en cours.

Merz & Benteli Nuklear AG, Niederwangen (BE)

En 1979, cette entreprise a rejeté au total 2 Ci de tritium avec les eaux résiduaires dans la canalisation, entre 1000 et 3000 Ci de tritium gazeux et moins de 40 Ci de vapeur d'eau tritiée avec les effluents gazeux dans l'environnement. Les prescriptions sur les rejets ont été respectées; la concentration du tritium dans l'air à la limite du terrain de l'entreprise, calculée à partir des rejets, a été en particulier de plusieurs ordres de grandeur inférieure à la valeur directrice.

Cerberus AG, Männedorf et Volketswil

Dans les eaux résiduaires de l'entreprise Cerberus AG à Männedorf, les concentrations en tritium ont varié entre $1 \cdot 10^4$ et $8 \cdot 10^4$ pCi/litre (admissible dans le récepteur: $3 \cdot 10^5$ pCi tritium/litre); l'activité en tritium des eaux résiduaires de l'entreprise de Volketswil n'a pas été supérieure à celle des précipitations. Comme cette même entreprise traite de l'américium-241, l'activité alpha de 4 échantillons d'eaux résiduaires a été mesurée. Les résultats ont varié entre 2 et 7 pCi alpha/litre (admissible dans le récepteur pour l'américium-241: 300 pCi/litre).

5. RÉSUMÉ: IRRADIATION DE LA POPULATION SUISSE

Comme aucun essai nucléaire n'a eu lieu dans l'atmosphère en 1979, la radioactivité dans l'air a continué de diminuer et a atteint à peu de chose près le bas niveau de 1976. Ainsi l'irradiation imputable à la retombée radioactive des bombes est pratiquement restée constante et s'est limitée à l'effet des isotopes à vies longues tels que le césium-137 (principalement irradiation externe) et le strontium-90 (irradiation interne par assimilation des os).

Dans le courant de 1979, la CN de Gösgen-Däniken est entrée en service par étapes. Les rejets de matières radioactives dans l'environnement par toutes les centrales nucléaires et l'IFR n'ont pas excédé les limites prescrites. Le rayonnement direct émis par les installations nucléaires n'a pas non plus dépassé les limites. Sur la base de mesures effectuées en 1978 près de l'entrepôt de déchets de l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens, un mur a été érigé et une clôture déplacée en 1979. La dose ambiante maximale à l'extérieur du terrain a ainsi diminué d'un facteur 10.

Les immissions causées par les utilisateurs de matières radioactives, tels que fabriques et ateliers de posage de peintures lumineuses et hôpitaux sont surveillées spécialement. Dans l'eau de la STEP de Zürich, la concentration en iode-131 a une fois de plus

dépassé pendant quelques semaines la limite prescrite dans l'OPR pour les récepteurs. Il est vrai que les eaux usées de la ville de Zürich sont fortement diluées dans la Limmat. Des investigations au voisinage de l'entreprise Radium-Chemie AG à Teufen n'ont pas révélé d'immissions dépassant les limites prescrites. Des analyses d'urine d'habitants du voisinage ont été entre autres effectuées. La dose personnelle maximale par le tritium, calculée sur cette base, s'est élevée à 6 mrem/an.

Les mesures de la CFSR incluent également l'irradiation de la population par les immissions radioactives non uniformément réparties provenant de sources artificielles. Elles constituent une base essentielle pour la détermination de la dose accumulée moyenne de la population suisse.

La dose individuelle moyenne en Suisse, répartie d'après les sources, si l'on prend en compte également les résultats des trois organes de contrôle concernant les doses aux personnes professionnellement exposées aux radiations, se présente comme suit:

5.1. Irradiation naturelle

La dose ambiante naturelle en Suisse varie entre 50 (Jura) et 300 mrem/an (Bergell). La dose naturelle moyenne à la moelle rouge des os et aux gonades, les organes radiobiologiquement les plus sensibles, est de l'ordre de 145, respectivement 105 mrem/an. Dans ces chiffres sont comprises les contributions de 40, resp. 20 mrem/an dues aux nucléides naturels présents dans le corps, principalement le potassium-40.

L'irradiation naturelle sert de grandeur de référence pour porter un jugement sur les doses d'origine artificielle.

5.2. Retombée mondiale des explosions nucléaires

La principale composante de la dose due à la retombée mondiale de produits de fission des bombes vient du césium-137 déposé sur le sol et du strontium-90 assimilé dans le corps après ingestion avec la nourriture; chacun des ces deux nucléides provoque une dose moyenne de l'ordre de 2 mrem/an. L'activité restante provenant des bombes, soit les émetteurs gamma à vies longues tels que le rhodium-106 et l'antimoine-125 sur le sol, le tritium et le carbone-14 dans le corps, contribue pour moins de 1 mrem/an.

5.3. Sources faibles et irradiation naturelle accrue

L'influence de sources faibles non uniformément réparties, telles qu'appareils de télévision en couleur et cadrans lumineux, et d'une irradiation naturelle accrue, par exemple lors de vols à haute altitude (rayonnement cosmique) ou par le tabac (polonium-210), ne peut être qu'approximativement évaluée entre 0,1 et 1 mrem/an.

5.4. Installations nucléaires

Les rejets radioactifs des installations nucléaires (Beznau I et II, Mühleberg, Gösgen, IFR) avec les eaux résiduaires ont conduit à des doses hypothétiques de 0,1 mrem/an au maximum.

Les immissions dues aux effluents gazeux des installations nucléaires (Beznau I et II, Mühleberg, Gösgen) ont produit dans les zones habitées du voisinage des doses à peine mesurables de 3 mrem/an au maximum. Ceci est aussi vrai pour l'irradiation externe et par inhalation au voisinage de l'IFR. Les bébés qui n'auraient bu que du lait de vaches paissant à l'endroit critique auraient accumulé une dose maximale de 15 mrem/an à la glande thyroïde.

Des doses ambiantes accrues dues au rayonnement direct au voisinage immédiat des installations nucléaires, à l'extérieur de la clôture, ont été observées à la CN de Mühleberg, à l'IFR et à la CN de Lucens; on a enregistré les doses maximales suivantes (en mrem/an): CNM: 500, IFR: 500, CNLU: 400. Les points à doses ambiantes élevées se trouvent tous dans des zones inhabitées. La dose annuelle supplémentaire aux personnes (= débit de dose ambiante x durée de séjour par an), imputable au rayonnement direct des installations nucléaires, est, pour des individus de la population, inférieure à 20 mrem/an.

La radioactivité au voisinage des installations nucléaires baisse très rapidement avec la distance à des valeurs qui ne sont plus mesurables. L'irradiation moyenne de la population est par conséquent négligeable. Les radionucléides à vies longues, provenant des centrales nucléaires et des installations de retraitement du combustible et distribués à l'échelle mondiale, tels que le tritium, le carbone-14, l'iode-129 et le krypton-85, produisent une dose inférieure à 1 mrem/an ¹⁾.

5.5. Industries et hôpitaux

Les entreprises industrielles et les hôpitaux rejettent différents radioisotopes avec leurs eaux résiduelles. A l'exception du tritium, qui, en tant qu'isotope de l'hydrogène, est lié à l'eau, ces impuretés sont éliminées dans une grande mesure par le traitement de l'eau potable. Le Doubs est la rivière suisse qui a la plus forte concentration en tritium; l'usage hypothétique d'eau du Doubs en aval de La Chaux-de-Fonds comme eau potable aurait occasionné une dose inférieure à 1 mrem/an.

Les effluents gazeux des fabriques de peintures lumineuses ont provoqué aux alentours des doses par le tritium de 6 mrem/an au maximum (Radium-Chemie AG, Teufen).

De telles contaminations sont locales, si bien que l'irradiation moyenne de la population suisse est négligeable.

5.6. Personnes professionnellement exposées aux radiations

En 1979, les 41280 personnes professionnellement exposées aux radiations, surveillées par les trois organes de contrôle, ont accumulé en tout 2410 rem ²⁾.

1) Emission de substances radioactives par des centrales nucléaires en exploitation normale, rapport de la Société helvétique des sciences naturelles (SHSN), supplément au bulletin 1978/3 de la SHSN

2) Rapport 1979 du Groupe d'experts pour la dosimétrie individuelle, Commission fédérale de la protection contre les radiations

La contribution des personnes professionnellement exposées aux radiations à la dose moyenne de l'ensemble de la population s'est élevée à 0,4 mrem/an. (De telles moyennes entrent dans l'évaluation des effets génétiques des irradiations).

5.7. Applications médicales

D'après une enquête effectuée en 1971¹⁾, les examens diagnostiques aux rayons X provoquent une dose génétiquement significative ²⁾ de 42 mrem/an, une dose moyenne aux gonades de 80 mrem/an et une dose moyenne à la moelle osseuse de l'ordre de 120 mrem/an.

Selon une enquête ³⁾ réalisée en 1976, la médecine nucléaire a occasionné à la population du canton de Bâle-Ville une dose génétiquement significative de 0,5 mrem/an et une dose moyenne aux gonades de 10 mrem/an.

6. CONCLUSION

La surveillance de la radioactivité a montré que l'irradiation moyenne d'origine artificielle de la population suisse, sans les applications médicales, a été en 1979 inférieure à 10 mrem/an. Elle représente moins du dixième de l'irradiation naturelle à laquelle nous sommes tous exposés. La contribution moyenne des examens diagnostiques aux rayons X est par contre du même ordre de grandeur que la dose naturelle.

1) G.G. Poretti, F. Ionesco-Farca, W. Lanz, Schweiz. med. Wschr. 106 (1976) 1682

2) La dose génétiquement significative est l'irradiation moyenne aux gonades pondérée selon le nombre probable d'enfants qui seront engendrés après l'exposition; elle est donc une mesure des effets des rayonnements sur l'hérédité

3) J. Roth, Die Bestimmung der Strahlenbelastung des Patienten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin. Hôpital cantonal de Bâle, décembre 1978

Nous exprimons nos meilleurs remerciements au chef du Département fédéral de l'intérieur et au directeur de l'Office fédéral de la santé publique pour leur soutien à la CFSR et au Comité d'alarme. Nos remerciements vont également à tous les laboratoires et postes de prélèvement engagés, en particulier à la Division pour la sécurité des installations nucléaires et à la Section de la radio-protection de l'Office fédéral de la santé publique, pour leur précieuse collaboration.

Composition de la Commission:

Prof. Dr. O. Huber, Université de Fribourg, président
Prof. Dr. J. Rossel, Université de Neuchâtel, vice-président
Prof. Dr. J.L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
PD Dr. G. Poretti, Hôpital de l'Ile, Berne
Dr. G. Simmen, directeur de l'Institut suisse de météorologie, Zürich
Prof. Dr. W. Stumm, EPF, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Hôpital universitaire, Zürich

Fribourg, novembre 1980 /mg

Appendice

Les résultats rassemblés dans ce rapport proviennent d'analyses effectuées par les laboratoires suivants:

CBE	Institut de chimie inorganique, analytique et physique, Université de Berne (Prof. Dr. H.R. von Gunten)
CNA	Section de physique de la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, Lucerne (Dr. D. Galliker, Dr. T. Lauffenburger)
CRA	Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (Dr. A. Miserez, président, Office fédéral de la santé publique, Berne)
DSN	Section de la protection de la santé et de l'environnement de la Division pour la sécurité des installations nucléaires, Würenlingen (S. Prêtre, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki, J. Schuler)
EPFL	Institut d'électrochimie et de radiochimie, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J. Geering)
IFR	Division du contrôle des radiations de l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs, Würenlingen (Dr. F. Alder, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel)
LDU	Laboratoire de Dübendorf de la CFSR, auprès de la Section pour la radioactivité de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (Prof. Dr. W. Stumm, Mme Dr. M. Bezzegh, K. Steiner)
LFR	Laboratoire de Fribourg de la CFSR, auprès de l'Institut de physique de l'Université (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, Dr. B. Michaud, L. Ribordy, Dr. H. Völkle, L. Baeriswyl, Mme M. Gobet)
NESTEC	Société d'assistance technique pour produits Nestlé SA, La Tour-de-Peilz (Prof. Dr. J.L. Mauron, M. Arnaud)
PBE	Institut de physique de l'Université de Berne (Prof. Dr. H. Oeschger, PD Dr. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler)
SCCI	Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Prof. Dr. A. Donath)

