

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 25 (1981)

Rubrik: 25e Rapport de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité pour l'année 1981 à l'intention du Conseil fédéral

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.02.2025

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

25^e RAPPORT DE LA COMMISSION FEDERALE DE SURVEILLANCE DE LA
RADIOACTIVITE POUR L'ANNEE 1981
A L'INTENTION DU CONSEIL FEDERAL

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

1. INTRODUCTION

L'homme a été depuis toujours exposé aux rayonnements ionisants. Jusqu'au début de ce siècle, cette irradiation a été exclusivement d'origine naturelle, causée par le rayonnement cosmique et la radioactivité naturelle de la croûte terrestre. Malgré les multiples applications des matières radioactives dans l'énergie nucléaire, l'industrie et la science, la plus grande part de l'irradiation de la population - les applications médicales mises à part - provient encore toujours de sources naturelles de rayonnements qui produisent par exemple une dose moyenne de 105 mrem/an ²⁾ aux gonades. Les applications des rayons X et des matières radioactives en diagnostic médical apportent à la dose moyenne aux gonades de la population une contribution à peu près égale à celle du rayonnement naturel. La totalité de l'irradiation artificielle restante est par contre inférieure à 1/10 de l'irradiation naturelle.

Les matières radioactives artificielles résultent de la fission nucléaire ou sont créées lors des réactions nucléaires. Pour chaque élément chimique, on connaît un ou plusieurs isotopes radioactifs qui se différencient les uns des autres par leur rayonnement, leur énergie et leur période. Les applications de ces matières dans l'industrie, la médecine et les objets techniques usuels sont nombreuses. Aussi bien lors de l'exploitation de l'énergie nucléaire que dans la production et l'utilisation des matières radioactives, certaines quantités de celles-ci peuvent s'échapper dans l'environnement et causer une irradiation externe et interne de la population. L'irradiation interne a lieu après incorporation de matières radioactives par inhalation ou ingestion.

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) Le rem est une unité exprimant le risque lié à une irradiation (1 rem = 1000 mrem)

Fondamentalement, l'effet du rayonnement émis lors de la désintégration de ces isotopes est le même que celui du rayonnement naturel. L'évaluation de l'irradiation de l'homme causée par les radioisotopes, exprimée en rem, nécessite la connaissance non seulement de la sorte et de l'énergie du rayonnement, mais aussi du comportement chimico-biologique de ces matières dans le corps humain. Ceci est largement le cas pour les radionucléides dispersés dans l'environnement.

La tâche de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR) consiste à déterminer la composition et la concentration des matières radioactives dans l'environnement et à en tirer des conclusions sur l'irradiation de la population suisse.

La CFSR pouvait en 1981 faire la rétrospective de 25 ans d'activité dans le domaine de la surveillance de la radioactivité en Suisse. Elle publiera à cette occasion un rapport séparé contenant un résumé de quelques investigations et résultats importants depuis le début des mesures en 1956.

2. SURVEILLANCE GÉNÉRALE

Aucun essai nucléaire dans l'atmosphère n'a eu lieu depuis le 16 octobre 1980, date à laquelle la République populaire de Chine fit exploser dans l'atmosphère au Lop Nor une bombe atomique de 200 à 1000 kilotonnes ¹⁾. Des produits de fission de cette bombe ont pu être partiellement détectés en Suisse déjà en novembre et décembre 1980. Ils ont cependant atteint les basses couches de l'atmosphère en grande partie au printemps et en été 1981.

2.1. Air

La radioactivité de l'air près du sol est en grande partie d'origine naturelle. Le gaz rare radioactif radon-222 (de la série de désintégration de l'uranium) et ses produits de filiation à vies courtes en constituent la plus grande part: 50 à 500 picocurie (pCi)/m³ pour chacun des nucléides suivant la saison et le temps qu'il fait. La contribution du radon-220, provenant de la série du thorium, et de chacun de ses produits de filiation à vies courtes varie entre 50 et 100 pCi/m³. Les mesures de filtres à air ont donné pour le plomb-210 (émetteur bêta, T_{1/2} = 22 ans ²⁾) une moyenne annuelle de 11 fCi/m³ d'air ³⁾ et pour l'activité alpha

1) Selon les données de W. Weiss, A. Sittkus, H. Stockburger et H. Sartorius (Untersuchungen der Spaltproduktschwaden des chinesischen Kernwaffentests vom 16. Okt. 1980, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg), il s'est agi d'une bombe à 3 phases d'un calibre de 3 à 5 mégatonnes

2) T_{1/2} : période

3) 1 fCi (femtocurie) = $\frac{1}{1000}$ pCi (picocurie) = 3,2 désintégrations nucléaires par jour

totale à vie longue env. 2 fCi/m³. La plus grande part de cette activité alpha provient du polonium-210 ¹⁾ (T_{1/2} = 138 jours). Ces valeurs concordent avec les données de l'UNSCEAR ²⁾ pour les latitudes moyennes de l'hémisphère nord (plomb-210: 14 fCi/m³, polonium-210: 3,3 fCi/m³). L'activité volumique moyenne du béryllium-7 produit par le rayonnement cosmique s'est élevée en 1981 à 80 fCi/m³

La radioactivité contenue dans l'air sous forme d'aérosols ou de gaz cause par son rayonnement gamma une irradiation externe. Par suite d'inhalation de ces isotopes et de leur assimilation dans les organes du corps, leurs rayonnements alpha et bêta provoquent une irradiation interne, principalement du tissu pulmonaire (env. 100 mrem/an) et des bronchioles (env. 450 mrem/an).

Les 3/4 du carbone-14 (T_{1/2} = 5730 ans) présent dans l'air et les jeunes plantes, soit env. 6 pCi/g de carbone, sont d'origine naturelle, c.-à-d. produits par le rayonnement cosmique. Le reste provient encore des essais nucléaires dans l'atmosphère.

Tandis qu'en été 1980 la concentration des radionucléides artificiels dans l'air avait fortement diminué, on a enregistré en novembre et décembre de la même année et dès le printemps 1981 des produits de fission jeunes de la bombe chinoise du 16.10.80. Le maximum de la concentration a été atteint au mois d'avril, après quoi les concentrations des différents nucléides ont de nouveau baissé du fait de la désintégration et du dépôt sur le sol (fig. 1).

Les radionucléides artificiels présents dans l'air, issus des essais nucléaires, ont produit par inhalation en 1981 une dose accumulée au tissu pulmonaire d'env. 0,5 mrem.

Les mesures d'argon-37 dans l'air ont donné en 1981 des valeurs variant entre 30 et 1400 fCi/m³. Cette activité est imputable en grande partie à des sources artificielles comme par exemple les explosions nucléaires souterraines et l'industrie nucléaire. La dose annuelle qui en résulte est de beaucoup inférieure à 1 mrem/an et par conséquent insignifiante du point de vue de la radioprotection. Dans la catégorie des radioisotopes artificiels à vies longues, dispersés à l'échelle mondiale, on a enfin le tritium, le krypton-85 et l'iode-129 provenant d'explosions nucléaires antérieures et de l'industrie nucléaire. Les doses qu'ils occasionnent actuellement sont également insignifiantes.

2.2. Précipitations

L'activité bêta totale ($E_{\beta} > 150$ keV) des précipitations recueillies à 7 stations réparties sur le territoire suisse a été plus élevée en 1981 qu'en 1980. Ceci est dû à la bombe chinoise du 16

1) Le polonium s'évapore partiellement lors de la calcination du filtre pour la mesure alpha

2) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and effects of ionizing radiation, United Nations, New York, 1977

octobre 1980. L'activité maxima a été enregistrée en avril. A partir de septembre, les valeurs étaient de nouveau au niveau de janvier/février 1981 (tabl. 1).

Une activité bêta d'environ $0,9 \text{ mCi/km}^2$ a été accumulée au sol à Locarno en 1981 par dépôt sec de poussière ($0,5 \text{ mCi/km}^2$ en 1980). L'activité déposée avec les précipitations s'est élevée à 19 mCi/km^2 (5 mCi/km^2 en 1980).

L'activité moyenne (valeurs mensuelles) en tritium des précipitations en 1981 a varié entre 100 et 400 pCi/l aux différentes stations au nord des Alpes. Elle s'est élevée à 150 pCi/l au sud des Alpes. La moyenne des valeurs mensuelles de l'activité en tritium au point de prélèvement de Berne a atteint en 1981 400 pCi/l (moyenne 1979: 630 pCi/l; 1980: 910 pCi/l). Ces teneurs accrues sont probablement imputables aux rejets de tritium avec les effluents gazeux d'une entreprise traitant du tritium. Pour la teneur en tritium de la pluie au voisinage de l'entreprise Radium-Chemie à Teufen et dans la région de La Chaux-de-Fonds, voir le chapitre 4.

2.3. Eaux superficielles

La moyenne annuelle de l'activité alpha totale des échantillons mélangés mensuels d'eau fluviale n'a pas changé par rapport aux années précédentes: le Rhin à Rekingen/AG: $0,8 \text{ pCi/l}$, à Village Neuf en aval de Bâle: $0,8 \text{ pCi/l}$, le Rhône à la Porte du Scex/VS: env. 1 pCi/l , à Chancy/GE: $<1 \text{ pCi/l}$, le Tessin à Riazino: $<0,9 \text{ pCi/l}$, le Doubs à St-Ursanne: $<1 \text{ pCi/l}$.

L'activité bêta totale des échantillons mensuels de ces cours d'eau et d'échantillons de la Tresa à Ponte Tresa et de l'Inn à Martina a été inférieure à 10 pCi/l . Dans les échantillons accumulés hebdomadairement ou mensuellement, on a enregistré les activités bêta totales moyennes suivantes: Rhin à Rekingen: $2,5 \text{ pCi/l}$, à Village Neuf: 3 pCi/l , Rhône à la Porte du Scex/VS: 2 pCi/l , à Chancy/GE: $1,5 \text{ pCi/l}$, Tessin à Riazino: 2 pCi/l , Doubs à St-Ursanne: 1 pCi/l (fig. 2).

L'activité moyenne en tritium des échantillons accumulés hebdomadairement ou mensuellement a été du même ordre de grandeur que dans les précipitations (fig. 3): Aar en amont de la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM): 300 pCi/l , Rhin à Schmitter/SG: 230 pCi/l , à Rekingen: 230 pCi/l , à Village Neuf: 260 pCi/l , Rhône à la Porte du Scex: 200 pCi/l , à Chancy: 250 pCi/l , Tessin à Riazino: 190 pCi/l . Seul le Doubs à St-Ursanne a présenté des valeurs hebdomadaires jusqu'à 2300 pCi/l . Les échantillons prélevés dans les rivières en aval des installations nucléaires ont donné des valeurs situées entre 100 et 600 pCi/l . Elles ne se différencient pas significativement des valeurs obtenues ailleurs.

2.4. Terre et herbe

Par suite de la bombe atomique chinoise du 16 octobre 1980, on a enregistré en 1981 une faible augmentation des teneurs en césium-137 et strontium-90 de l'herbe (tabl. 2). Dans la terre, elles ont par contre légèrement diminué. Comme on l'a constaté déjà les

années précédentes, la concentration de ces isotopes dans les échantillons provenant de Davos-Stillberg est nettement plus élevée que dans les échantillons de plaine.

Des différences locales correspondant à des différences de composition du sol sont constatées pour la teneur en césium-137 du sol et de l'herbe. Les résultats des trois dernières années montrent qu'en moyenne les valeurs d'Arenenberg sont inférieures d'un tiers environ, les valeurs au voisinage de Mühleberg supérieures d'un tiers et celles aux environs de Leibstadt (centrale nucléaire pas encore en service) et de Gösgen supérieures d'un facteur 1,5 à 2,5 à celles de Grangeneuve. Pour le strontium-90, les différences par rapport à Grangeneuve sont moins nettes: plus 10 à 30% aux environs de Leibstadt et de Gösgen, aucune différence au voisinage de Mühleberg. La faible augmentation au voisinage des centrales nucléaires (CN) est due exclusivement à des conditions géologiques et météorologiques différentes et n'est aucunement en relation avec les rejets de matières radioactives des centrales. Par exemple, les rejets de césium-137 avec les effluents gazeux de la CNM en 1981 ont provoqué au point critique un dépôt au moins 100 fois plus faible que le dépôt de césium-137 dû à la retombée radioactive des essais nucléaires pendant la même année.

Comme la teneur en césium-137 de la couche supérieure du sol n'a pratiquement pas changé, la dose externe causée par cet isotope en cas de séjour durable en plein air reste de l'ordre de 2 mrem/an.

D'autres isotopes de la retombée radioactive de la bombe chinoise de 1980, tels que le cérium-144 (période: 285 jours), l'antimoine-125 (période: 990 jours), le ruthénium-rhodium-106 (périodes: 368 jours, 30 secondes) et le zirconium-niobium-95 (périodes: 66, 35 jours) ont été détectés dans les échantillons d'herbe. Leurs activités se sont élevées jusqu'à un ordre de grandeur au-dessus de celle du césium-137. Leurs concentrations dans les échantillons de terre ont été cependant inférieures à celle du césium-137.

2.5. Lait, céréales et autres denrées alimentaires (en collaboration avec la CRA ¹⁾)

Outre la radioactivité naturelle (environ 1200 pCi potassium-40/litre), les échantillons de lait du Plateau ont présenté une activité en césium-137 inférieure à 4 pCi/l, en moyenne environ 2 pCi/l. Uniquement dans l'échantillon de lait de Davos, on a enregistré une teneur accrue en césium-137, soit 60 pCi/l, valeur qui est restée au même niveau que l'année précédente.

L'activité en strontium-90 du lait est restée quasiment inchangée par rapport à 1980: 2 à 10 pCi/l (moyenne de l'ordre de 4 pCi/l) sur le Plateau, 46 pCi/l à Davos (56 pCi/l en 1980) et 20 pCi/l à Mürren (30 pCi/l en 1980).

Les échantillons de froment de la moisson 1981 prélevés au voisinage des centrales nucléaires n'ont pas présenté de différence par

1) Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires

rapport à un échantillon mélangé de 5 points de prélèvement sur le Plateau suisse et un échantillon en provenance de Bellinzzone. Les activités en césium-137 de tous les échantillons ont été inférieures à 20 pCi/kg (moyenne de l'ordre de 10 pCi/kg). La teneur moyenne en strontium-90 de ces échantillons a été de 22 pCi/kg (25 pCi/kg en 1980). L'activité en potassium-40 naturel s'est élevée à 3500 pCi/kg.

La teneur en strontium-90 d'échantillons de farine blanche de 1980 s'est élevée à 6 pCi/kg, celle de la farine bise à 8 pCi/kg, celle du son à 43 pCi/kg.

Les mesures d'échantillons isolés de légumes et fruits n'ont pas révélé d'activités bêta totales accrues. Toutes les denrées alimentaires examinées ont été irréprochables du point de vue de la radioprotection.

2.6. Corps humain

Les mesures effectuées sur 20 filles et 21 garçons de 17 à 19 ans du canton de Genève, à l'aide de l'anthropogammamètre du Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI) à Genève, ont révélé une teneur moyenne en césium-137 de 9,4 pCi/kg (poids du corps) pour les hommes et de 7,7 pCi/kg pour les femmes. La dose annuelle au corps entier, qui en résulte, est de l'ordre de 0,1 mrem. Les teneurs moyennes en potassium-40, soit 2000 pCi/kg (poids du corps) pour les hommes et 1700 pCi/kg pour les femmes, conduisent à des doses au corps entier de 18, respectivement 16 mrem/an.

La détermination du strontium-90 dans les vertèbres de 22 adultes de la région de Lausanne en 1981 a donné pour le squelette un rapport moyen de 0,7 pCi strontium-90/g calcium. Cette valeur est pratiquement constante depuis 1975 et correspond à une irradiation des organes générateurs du sang de l'ordre de 2 mrem/an.

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

3.1. Aperçu

Les centrales nucléaires (CN), également en fonctionnement normal, rejettent des matières radioactives dans l'environnement. Ce sont des gaz rares, des aérosols, des isotopes d'iode (sous forme gazeuse ou attaché à des aérosols) et du carbone-14 qui parviennent dans l'environnement avec les effluents gazeux. Les matières radioactives libérées se déposent partiellement sur le sol et les plantes et vont également du sol dans les plantes. Des produits de fission et d'activation, ainsi que du tritium sont aussi rejetés dans les cours d'eau avec les effluents liquides et peuvent passer de l'eau dans les plantes aquatiques, les poissons et les sédiments fluviaux. Les matières radioactives libérées causent en premier lieu une irradiation externe des personnes. Elles peuvent également entrer dans le corps humain par l'air respiré, l'eau potable et la nourriture et provoquer ainsi une irradiation interne.

La fixation des limites de rejet pour les CN est basée sur les directives R-11 ¹⁾, selon lesquelles aucune personne de la population avoisinante ne doit recevoir une dose supérieure à 20 mrem/année due aux immissions de la centrale.

L'exploitant d'une centrale a l'obligation de mesurer de manière continue les émissions radioactives et d'en faire le bilan. La DSN et de la CFSR contrôlent les résultats de mesures de l'exploitant par des mesures parallèles.

Un rayonnement direct éventuel en provenance de la centrale (dû par exemple aux rayonnements gamma de hautes énergies de l'azote-16 dans le circuit de vapeur d'un réacteur à eau bouillante) ne doit pas provoquer à l'extérieur de la clôture une dose ambiante excédant 10 mrem/semaine. L'influence du rayonnement direct se limite sur une bande étroite à l'extérieur de la clôture, lieu inhabité où les passants ne se tiennent que peu de temps. Selon R-11, on procédera à une limitation supplémentaire de ce débit de dose ambiante, s'il faut prévoir que la dose accumulée annuelle d'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.

Pour fixer les limites d'émissions ²⁾ et calculer l'irradiation due aux rejets d'une centrale, on utilise des modèles mathématiques qui décrivent la dispersion des matières radioactives dans l'environnement, le transfert dans les plantes et la nourriture et l'absorption dans le corps humain. Ces modèles supposent entre autres des connaissances sur la situation météorologique et topographique au site de la CN, ainsi que sur les habitudes alimentaires de la population. La vitesse de dépôt de l'iode (sous forme gazeuse) et des aérosols sur le sol et la végétation, les coefficients de transfert air → herbe → lait, sol → plantes, eau → poissons etc. sont déterminés non seulement au moyen d'expériences appropriées mais également sur la base des longues séries de mesures des retombées radioactives consécutives aux essais nucléaires dans l'atmosphère. Le calcul des doses d'irradiation pour des isotopes isolés ou des mélanges d'isotopes à partir des activités mesurées ou calculées dans l'air, l'eau et la nourriture se fait à l'aide de la conversion de l'incorporation annuelle en une dose au corps entier ou à un organe, contenue dans l'ordonnance sur la radioprotection (OPR). Le contrôle des émissions à la CN est complété par la surveillance de l'environnement ³⁾. Celle-ci constitue une sécurité supplémentai-

- 1) Directives R-11: "Objectifs de la protection des personnes contre les radiations ionisantes dans la zone d'influence des centrales nucléaires", DSN-CSA-CFSR, mai 1980
- 2) Ces limites peuvent en tout temps être adaptées à de nouvelles conditions ou connaissances
- 3) cf. H. Völkle, J. Halter, O. Huber und B. Michaud: "Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken: Methoden und Resultate", SVA-Vertiefungskurs: Strahlenschutz bei Planung, Betrieb und Unterhalt von Kernkraftwerken, HTL - Brugg, 24.-26. März 1981

re dans l'évaluation des doses maximales à la population causées par les rejets. La surveillance de l'environnement englobe la dose ambiante en plusieurs points et la radioactivité de tous les mail-
lons importants des voies d'irradiation, déterminées partiellement en continu, partiellement par échantillonnage, selon un programme de mesure et de prélèvement d'échantillons spécifique à chaque centrale. Ce programme comprend la mesure de la radioactivité de l'air, des aérosols, des précipitations, du sol, de l'herbe, du lait, des céréales, des eaux et aussi des plantes aquatiques, des matières en suspension dans l'eau, des sédiments et des poissons. Les mesures effectuées par l'exploitant d'une CN sont contrôlées par échantillonnage par des mesures de la CFSR.

A partir des émissions mesurées, en relation avec les calculs de dispersion et de dose, et des résultats de la surveillance de l'environnement, il est possible de déduire les doses maximales aux personnes de la population des environs avec une précision permettant de vérifier si la limite de dose de 20 mrem/an est respectée.

Pour évaluer les effets d'une installation sur l'environnement, il est important de connaître la radioactivité et les doses ambiantes au voisinage avant sa mise en service. Par conséquent, la totalité du programme de surveillance de l'environnement est commencé déjà quelques années avant la mise en service dans le cadre du constat radiologique ¹⁾. A la CN de Gösgen-Däniken (CNG), ces mesures ont débuté en 1976 et la mise en service a eu lieu en janvier 1979. A la CN de Leibstadt (CNLE), les premières mesures pour le constat ont été effectuées en été 1979. Les programmes de surveillance pour le constat sont planifiés et exécutés en commun avec la DSN, le Service de la protection de l'air à Payerne et les laboratoires et services de mesure engagés. Comme la CNLE est située à la frontière, les programmes de mesure et les méthodes d'investigation pour les côtés allemand et suisse ont été discutés avec le Ministère du travail, de la santé et des affaires sociales de l'Etat de Baden-Württemberg à Stuttgart et l'Institut de protection de l'environnement à Karlsruhe.

3.2. Emissions des installations nucléaires

Les rejets liquides et gazeux des installations nucléaires dans l'environnement, ainsi que les doses maximales aux personnes calculées à partir de ces rejets et les rejets annuels admissibles d'après le règlement sont rassemblés au tableau 3. En 1981, comme les années précédentes, les rejets annuels et les doses qui en résultent dans l'environnement ont été bien inférieurs aux limites.

Les émissions des installations nucléaires sont comptabilisées séparément selon les effluents liquides et gazeux, et selon les nucléides. La composition des rejets est présentée aux tableaux 4 et 5. Les résultats des mesures parallèles effectuées par la DSN et la CFSR en 1981 ont montré en général une concordance satisfaisan-

1) Berichte über die Beweissicherung des KKL und des KKG, H. Völkle, Ch. Murith, J. Czarnecki und J. Schuler, Freiburg - Würenlingen, Juni 1981

te avec les mesures de la centrale. En ce qui concerne les échantillons d'eaux résiduaires, l'accord a été meilleur pour les produits de fission (césium, iode, etc.) bien solubles que pour les produits d'activation (manganèse, cobalt, zinc, etc.) difficilement solubles. Ce fait a déjà été observé les années précédentes et est imputable au changement de géométrie de mesure par suite de dépôt dans les récipients (tabl. 6 à 8).

D'après les obligations relatives à la limitation des rejets figurant dans les autorisations d'exploitation, l'activité volumique ne doit pas dépasser $10 C_W$ ¹⁾ à la chambre de contrôle de l'IFR et dans les tanks d'eaux résiduaires de la CNB, de la CNM et de la CNLU, $5 C_W$ dans le tank d'eaux résiduaires de la CNG ²⁾. Les échantillons prélevés dans les tanks d'eaux résiduaires ont présenté les concentrations maximales suivantes: CNB: $2,2 C_W$, CNG: $0,001 C_W$, CNM: $1 C_W$, IFR: $0,01 C_W$. La concentration dans les 12 échantillons mélangés mensuels provenant des tanks d'eaux résiduaires a toujours été inférieure à $1 C_W$ pour la CNM et inférieure à $0,001 C_W$ pour la CNG. Une concentration maximale de $0,01 C_W$ (90 pCi césium-137/litre, 28 pCi strontium-90/litre et $0,5 \mu\text{Ci}$ tritium/litre) a été enregistrée dans les échantillons d'eaux résiduaires de la CNLU. Dans les deux échantillons provenant du puisard qui recueille les eaux d'infiltration de la caverne de la CNLU, on a enregistré les activités suivantes: 170 et 130 pCi césium-137/litre, 130 et 12 pCi strontium-90/litre, $0,75$ et $0,55 \mu\text{Ci}$ tritium/litre.

Aucune activité sous forme liquide n'a été rejetée dans l'environnement par les réacteurs de recherche de l'EPF Lausanne et des universités de Bâle et de Genève.

A part les échantillons d'eaux résiduaires, la DSN et la CFSR ont également prélevé pour analyse des échantillons de gaz d'échappement, de filtres d'aérosols et, à la CNG, de cartouches de charbon actif pour la détermination des rejets d'iode. A la CNM, les rejets d'aérosols radioactifs à vies courtes sont surveillés au moyen d'un appareil automatique à filtre à avancement par pas. L'analyse gamma de rouleaux entiers de filtre (durée de prélèvement environ 70 jours) permet de déterminer aussi la faible composante des isotopes à vies longues, laquelle ne peut pas être mesurée au moyen de l'appareil à filtre à avancement par pas du fait de la présence des isotopes à vies courtes. Ces rejets, comme tous les autres, ont été bien inférieures aux limites fixées dans l'autorisation d'exploitation (tabl. 9 et 10).

-
- 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 les doses maximales admissibles selon l'OPR
 - 2) IFR: Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs, Würenlingen
CNB: Centrale nucléaire de Beznau
CNM: Centrale nucléaire de Mühleberg
CNG: Centrale nucléaire de Gösgen-Däniken
CNLU: Centrale nucléaire expérimentale de Lucens

3.3. Surveillance de l'environnement

3.3.1. Dose ambiante

Les doses ambiantes au voisinage des installations nucléaires sont surveillées au moyen de dosimètres à thermoluminescence (TLD) qui sont évalués trimestriellement. La précision des doses annuelles brutes obtenues (fond naturel inclus) est de l'ordre de 15 à 20%. En 4 points au voisinage de chaque centrale, la CFSR a installé ses propres TLD en plus de ceux de la centrale. Les doses annuelles obtenues à l'aide des TLD en 1981 sont rapportées au tableau 11.

Les mesures montrent des différences de dose ambiante naturelle d'un site à l'autre de CN, jusqu'à 30% (moyenne au voisinage de CNB/IFR: 70 mrem/an, voisinage de la CNM: 90 mrem/an). Des différences locales de dose ambiante naturelle jusqu'à 35 mrem/an se présentent également au voisinage de chaque centrale. Elles sont imputables à la composition différente du sol et, pour certains points de mesure, à la proximité de bâtiments. Le débit de la dose ambiante naturelle et ses variations dans le temps dépendent en outre de facteurs météorologiques. Comme l'évolution du débit de la dose naturelle peut être considérée comme semblable pour tous les points de mesure au voisinage d'un réacteur, une méthode a été développée ¹⁾, permettant, en tenant compte des variations locales de la dose ambiante naturelle, de mettre en évidence d'éventuelles augmentations de dose imputables à des rejets de la CN (fig. 4). Cette méthode permet de détecter des doses supplémentaires dues à une CN jusqu'à quelques mrem/an.

Les différences systématiques entre les dosimètres de la CN et ceux de la CFSR, visibles sur le tableau 11, sont imputables à des différences systématiques d'étalonnage et d'évaluation des TLD. Elles n'ont cependant qu'une influence insignifiante sur le calcul des doses nettes selon la méthode ci-dessus.

En plus de la surveillance au moyen de TLD, des mesures de la dose ambiante ont été effectuées à l'aide de chambres à ionisation à haute pression, aussi bien de courtes mesures (quelques minutes) en 30 à 40 points que des enregistrements continus sur de longues périodes (fig. 5). En 1981, on a obtenu les résultats suivants (convertis en doses annuelles, en mrem/an):

1) J. Czarnecki, M. Baggenstos, J. Schuler und H. Völkle: Zur Interpretation von TLD-Messwerten der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken, 4. Fachgespräch: Ueberwachung der Umweltradioaktivität, 10.-12. März 1981 in München

J. Czarnecki, M. Baggenstos, J. Schuler und H. Völkle: Eine Methode zur Auswertung von Messresultaten der Umgebungsüberwachung von KKW mit TLD, Congrès du Fachverband für Strahlenschutz 30 sept. - 2 oct. 1981 à Lausanne

Mesures courtes (quelques minutes)

Voisinage	Date	Nombre de points	Domaine de dispersion des résultats	Moyenne
CNLE (réacteur en construction)	28.7.81	32	63- 88	77 ₊₆
CNG	4.6.81	38	65- 80	74 ₊₄
CNM 1)	12/18.8.81	59	67-102	81 ₊₇

Enregistrements continus

Centrale	Emplacement	Durée de mesure	Dose annuelle 2) (mrem)	TLD au voisinage de ces points
CNM	Ufem Horn (500m O)	6 mois	103	100
CNM	Poste de couplage des FMB (800m ENE)	10 mois	91	89
CNB	Centrale hydroélectrique de Beznau (800m NE)	10 mois	81	76
CNG	Poste de couplage de 200 kV de l'ATEL (800m ENE)	10 mois	79	72
CNLE	Douane de Leibstadt-Bernau (1000m OSO)	8 mois	83	76

Compte tenu des marges d'erreur, les résultats obtenus par les différentes méthodes sont concordants.

Doses ambiantes accrues causées par le rayonnement direct

A l'exception de la CNG et de la CNLE qui n'est pas encore en service, toutes les installations nucléaires en Suisse (CNB, CNM, IFR, CNLU) émettent un rayonnement direct causant une augmentation du débit de la dose ambiante à l'extérieur de la clôture, à proximité immédiate de celle-ci. En 1981, les doses nettes ont été partout inférieures à la dose ambiante maximale admissible de 500 mrem/an applicable aux zones accessibles au public à l'extérieur des installations.

Au voisinage immédiat de la CNM et le long de la clôture, des mesures de dose ont été effectuées déjà les années précédentes pour déterminer le rayonnement direct. Comme cela a été mentionné déjà dans

1) Sans les points dans la zone d'influence du rayonnement direct

2) Précision 5 à 10%

le rapport annuel 1980, les fûts de déchets entreposés provisoirement au SO du bâtiment du réacteur ont été déplacés, si bien que le rayonnement direct causé par ces fûts le long du chemin de contournement au SSO a diminué. De nouvelles mesures effectuées le 8.5.81 l'ont confirmé.

Des doses ambiantes accrues jusqu'à 500 mrem/an ont été également enregistrées à l'extérieur du terrain clôturé de l'IFR, dans son voisinage immédiat. Elles sont dues à l'installation d'irradiation, au terrain d'exercice de l'école de radioprotection, à l'installation d'incinération et à l'entrepôt de déchets (cf. rapport annuel 1979, p. 59).

Depuis le début de 1981, 12 dosimètres supplémentaires ont été placés le long de la clôture de la CNB, dans le but de mesurer avec plus de précision un éventuel rayonnement direct. A l'exception du secteur NE, les dosimètres ont donné en moyenne 74 ± 2 mrem/an, fond naturel inclus. Dans le secteur NE, on a obtenu les résultats suivants: 2 dosimètres à la clôture N: 110 et 155 mrem/an, 3 dosimètres le long de la clôture E (près de l'entrée): 385, 480 et 230 mrem/an. Des tierces personnes ne séjournent que peu de temps dans ces zones et n'accumulent ainsi que de faibles doses.

3.3.2. Aérosols et précipitations

La radioactivité des aérosols dans l'air est surveillée par rétention sur des plaques de vaseline et mesure mensuelle de l'activité bêta totale. Comme dans les précipitations, on a enregistré en 1981 une augmentation par rapport à 1980 par suite de la retombée radioactive de la bombe chinoise:

Lieu	Nombre de points	Radioactivité déposée, moyenne annuelle en mCi/km ²
CNB/IFR/ ISN 1)	1 au nord de l'IFR	8,3 (au nord de l'IFR: installation d'incinération partiellement en service)
	6 autres points	6,6
	13 autres points dans les localités avoisinantes	7,5
CNM	11	2,4
CNG	4	9,3
CNLE	4	9,9

Les aérosols sont en outre recueillis continûment sur des filtres de cellulose et leur teneur en émetteurs gamma mesurée mensuellement (à l'IFR: hebdomadairement) à la CNG (Niedergösgen, poste de couplage de 220 kV de l'ATEL), à la CNLE (Full, réservoir d'eau près du stand de tir) et au nord de l'IFR. Les mesures ont révélé nettement la montée printanière à partir de mars 1981, lorsque les pro-

1) Institut suisse de recherche nucléaire à Villigen

duits de fission de la dernière bombe chinoise du 16.10.80 sont parvenus dans la troposphère, en conformité avec les mesures des filtres de Fribourg. L'exploitation de l'installation d'incinération pour déchets radioactifs à l'IFR du 5 au 16 janvier et du 19 octobre au 22 décembre 1981 n'a provoqué qu'une augmentation insignifiante de la radioactivité des aérosols.

Des échantillons de précipitations sont recueillis à la CNG (Niedergösgen, poste de couplage de 220 kV) et à la CNLE (Full, réservoir d'eau près du stand de tir). Leur activité bêta totale est mesurée hebdomadairement. Les activités volumiques mesurées en ces stations concordent avec celles de Fribourg (à l'intérieur de la marge de fluctuation).

3.3.3. Mesures du carbone-14 dans le feuillage

Dans le but de déterminer si les rejets de carbone-14 des CN provoquent une augmentation de ce nucléide dans les plantes du voisinage, la teneur en carbone-14 (période: 5730 ans) d'échantillons de feuilles d'arbres a été mesurée en 1981 et comparée à celle de feuilles provenant de points de référence aussi peu influencés que possible.

La teneur en carbone-14 des feuilles prélevées aux points de référence se situe actuellement encore à environ 280% au-dessus de la valeur naturelle. Cette augmentation, due aux essais nucléaires dans l'atmosphère, entraîne une dose supplémentaire au corps entier de l'ordre de 0,3 mrem/an. La teneur accrue en carbone-14 du gaz carbonique de l'air, due aux essais nucléaires, diminuant lentement par suite de l'échange avec les océans, l'activité en carbone-14 aux points de référence a baissé ces dernières années d'environ 18%¹⁾ par année.

Des mesures d'échantillons ont montré que les teneurs en carbone-14 des feuilles prélevées au voisinage de la CNG et de la CNLE concordent en 1980 et 1981 avec celles des feuilles des points de référence. Dans les feuilles des environs de CNB/IFR/ISN, on a enregistré à nouveau en 1981 une activité en carbone-14 accrue par rapport aux points de référence. La plus grande augmentation a été mesurée dans un échantillon prélevé au NE de IFR/ISN et est de l'ordre de 420% au-dessus de la valeur naturelle (fig. 6).

3.3.4. Terre, herbe, céréales, lait

Les échantillons de terre, d'herbe, de céréales et de lait prélevés périodiquement au voisinage des installations nucléaires n'ont présenté aucune différence systématique d'activité par rapport aux échantillons correspondants provenant d'autres régions du pays (voir aussi chap. 2.5.).

1) L'activité en carbone-14 est exprimée en % signifiant la différence relative entre l'activité de l'échantillon et celle du standard (Stuiver et Polach, Radiocarbon 19, 1977)

3.3.5. Eau, sédiments, plantes aquatiques, poissons

Des échantillons d'eaux fluviales sont prélevés continûment en amont et en aval des installations nucléaires. Leur activité bêta totale ($E_{\beta} > 150$ keV) est mesurée hebdomadairement. A part quelques rares exceptions à la CNM, les valeurs obtenues ont été inférieures à 10 pCi/l, comme dans les autres eaux superficielles de Suisse (cf. fig. 2).

L'activité en tritium d'échantillons prélevés aux mêmes points a varié entre 100 et 500 pCi/l (fig. 3).

Les échantillons d'eaux souterraines provenant de postes de pompage au voisinage des installations nucléaires ont présenté des activités bêta totales inférieures à 5 pCi/l et des teneurs en tritium variant entre 100 et 500 pCi/l. Ces mesures ne révèlent aucune influence des installations nucléaires.

Dans les échantillons de sédiments et de plantes aquatiques des cours d'eau en aval des installations nucléaires, on a enregistré, outre les radionucléides naturels, parfois aussi de l'iode-131, du césium-134 et 137, du cobalt-58 et 60, du zinc-65 etc. en concentrations jusqu'à quelques milliers de pCi/kg de matière sèche (MS) (tabl. 12). Ceux-ci proviennent principalement des installations nucléaires. Une partie du césium-137 résulte de la retombée radioactive. L'iode-131 est également rejeté par les hôpitaux. Du fait de l'accumulation des radionucléides, de tels échantillons sont des indicateurs très sensibles pour la détection de la radioactivité.

A part le potassium-40 naturel, seules quelques traces de césium-137 (< 60 pCi/kg matière fraîche), provenant essentiellement de la retombée radioactive des essais nucléaires, ont été détectées dans les échantillons de chair de poisson (filets).

4. INDUSTRIES, HÔPITAUX ET INSTITUTS DE RECHERCHE

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

Des échantillons d'eaux usées des villes de Zürich, Berne et Lausanne, prélevés à la sortie des STEP, sont analysés soit hebdomadairement, soit mensuellement.

STEP de Zürich-Werdhölzli. A la sortie de la STEP, l'activité alpha totale a été de l'ordre de 1 pCi/l et la teneur en tritium a varié entre 150 et 770 pCi/l (moyenne environ 330 pCi/l). Ces valeurs correspondent à celles qui ont été enregistrées dans les précipitations et les eaux superficielles en Suisse (fig. 7).

La teneur moyenne annuelle en iode-131 des échantillons hebdomadaires s'est élevée à 48 pCi/l d'eaux usées (1980: 70 pCi/l). La valeur directrice applicable à l'effluent d'après l'OPR ¹⁾, à savoir 200 pCi iode-131/l en moyenne hebdomadaire, n'a plus été dépassée (fig. 8).

1) OPR: ordonnance sur la radioprotection

L'écoulement annuel total d'iode-131 à travers la STEP de Zürich-Werdhölzli, puis dans la Limmat, a été évalué pour 1981 à environ 4 Ci. Il en résulte une activité volumique moyenne dans la Limmat de l'ordre de 1,5 pCi iode-131/l. L'usage permanent de cette eau comme eau potable aurait entraîné une dose de 2 mrem/an à la glande thyroïde des adultes (valeur maximale admissible pour des individus de la population de moins de 16 ans: 1500 mrem/an).

Des bacs de rétention pour l'iode radioactif sont installés depuis février 1981 à l'hôpital universitaire de Zürich.

STEP de Berne-Stuckishaus. Avec une moyenne annuelle de 850 pCi/l (1980: environ 800 pCi/l), la teneur en tritium à la STEP a été supérieure à celle des précipitations. La moyenne hebdomadaire maximale de 6000 pCi tritium/l est cependant encore bien inférieure à la valeur directrice de $3 \cdot 10^5$ pCi tritium/l en moyenne hebdomadaire applicable pour l'effluent d'après l'art. 107 de l'OPR (fig. 7). Le rejet total de tritium dans l'Aar via la STEP, soit 55 Ci/an, a augmenté la concentration du tritium dans cette rivière de 15 pCi/l en moyenne annuelle, valeur inférieure à la précision de mesure.

l'activité volumique moyenne en iode-131 dans les eaux usées de la STEP de Berne-Stuckishaus s'est élevée à 58 pCi/l et la valeur maximale à 160 pCi/l (fig. 8). Le rejet total de 3,8 Ci d'iode-131 provoque une activité moyenne de l'ordre de 1 pCi/l dans l'eau de l'Aar.

STEP de Lausanne. Dans les eaux usées de Lausanne, on a enregistré les moyennes annuelles suivantes: activité alpha totale: 0,6 pCi/l, activité bêta totale: 8 pCi/l, activité en tritium: 170 pCi/l. Ces valeurs n'ont pratiquement pas changé par rapport à l'année précédente.

4.2. Région de La Chaux-de-Fonds

Les moyennes mensuelles de l'activité en tritium des précipitations prélevées aux "Anciens Moulins" ont varié entre 370 et 1000 pCi/l. La moyenne annuelle pondérée s'est élevée à 480 pCi/l (1980: 550 pCi/l). La quantité de précipitations s'étant élevée à 1458 mm en 1981, 0,7 Ci de tritium par km² est tombé avec les précipitations au voisinage des "Anciens Moulins". Environ la moitié de cette activité provient de l'industrie des peintures lumineuses à La Chaux-de-Fonds. A la station de comparaison des Hauts-Geneveys, on a enregistré une concentration moyenne en tritium de 280 pCi/l et une activité en tritium déposée avec les précipitations en une année de 0,4 Ci/km² (fig. 9).

Dans les échantillons accumulés sur un mois à la STEP de La Chaux-de-Fonds, l'activité en tritium a varié entre 2200 et 110'000 pCi/l (fig. 10). La moyenne annuelle se situe à 64'000 pCi/l (1980: 100'000 pCi/l). L'activité totale en tritium rejetée à travers la STEP de la ville en 1981 a été de l'ordre de 550 Ci (1980: 800 Ci).

Les teneurs en tritium d'échantillons provenant du drainage du dépotoir de la Sombaille ont varié entre 30'000 et 260'000 pCi/l. Elles ont varié entre 2000 et 64'000 pCi/l à l'ancien dépotoir de La Charrière.

5 échantillons d'eau du Doubs en amont de la zone de résurgence des eaux de La Chaux-de-Fonds ont présenté des activités en tritium situées entre 100 et 300 pCi/l (moyenne: 180 pCi/l), comme dans les autres rivières suisses. Dix échantillons ont été prélevés à 2 sources contenant les eaux d'infiltration de la région de La Chaux-de-Fonds et s'écoulant directement dans le Doubs, 2 km en amont et 300 m en aval de La Rasse. Leurs activités en tritium ont varié entre 2000 et 60'000 pCi/l. Elles ont varié entre 500 et 5000 pCi/l dans les échantillons provenant de la Ronde. Les 31 échantillons prélevés dans le Doubs à St-Ursanne ont présenté des valeurs situées entre 400 et 2300 pCi Tritium/l.

D'après l'OPR, l'augmentation de la teneur en tritium de l'effluent ne doit pas dépasser 330'000 pCi/l en moyenne annuelle. L'utilisation exclusive d'une telle eau comme eau potable entraînerait une dose au corps entier de 50 mrem/an.

La teneur en tritium de l'eau potable de La Chaux-de-Fonds, qui provient des gorges de l'Areuse, n'est pas différente de celle des autres villes.

Les immissions de tritium dans les précipitations et la STEP de La Chaux-de-Fonds en 1981 sont en diminution par rapport aux années précédentes. Par ailleurs la chaudière n° 5 du Service communal de chauffage urbain à distance, dans laquelle étaient brûlés des résidus contenant du tritium, n'a plus fonctionné depuis le début 1981.

4.3. Entreprises industrielles particulières (en collaboration avec la CNA 1))

Radium-Chemie AG, Teufen (RCT)

En 1981, l'entreprise RCT a rejeté environ 0,3 Ci de tritium avec les eaux résiduaires dans la canalisation. Les échantillons prélevés à la STEP de Teufen ont présenté des teneurs en tritium variant entre 900 et 2200 pCi/l. Une partie importante de cette activité provient des précipitations qui sont contaminées par les effluents gazeux de la RCT. Les teneurs en tritium des échantillons d'eau prélevés depuis de longues années à la fontaine "Reifler" (140 m à l'ouest de la cheminée) ont varié en 1981 entre 400'000 et 1'000'000 pCi/l. Elles ont varié entre 5000 et 35'000 pCi/l dans le ruisseau en aval de la RCT, dans lequel s'écoule cette fontaine. Les personnes qui auraient fait usage exclusivement de l'eau de la fontaine "Reifler" comme eau potable auraient accumulé une dose au corps entier de l'ordre de 100 mrem/an. Comme cette eau n'est cependant pas utilisée comme eau potable, une irradiation interne de personnes est exclue (fig. 11).

Les activités en tritium de l'eau potable en différents points de la commune ont varié entre 300 et 900 pCi/l, correspondant à des doses annuelles de l'ordre de 0,1 mrem. L'augmentation par rapport à la teneur en tritium des cours d'eau et des précipitations du reste de la Suisse est donc insignifiante.

Dans les précipitations prélevées à 65 m à l'est de la cheminée de la RCT, on a enregistré des concentrations en tritium comprises en-

1) CNA: Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents

tre 6000 et 150'000 pCi/l. De juillet à octobre, on a mesuré, non seulement la teneur en tritium des échantillons hebdomadaires, mais également la quantité de précipitations, au total 637,7 mm. La moyenne pondérée de la teneur en tritium de ces précipitations s'est élevée à 35'000 pCi/l. Depuis le milieu de l'année 1979, la concentration dans les précipitations a diminué d'un facteur 5 environ. A cette époque, la RCT avait mis en service une installation de récupération du tritium qui, selon la CNA, réduit d'un facteur 5 environ les rejets de tritium.

Un prélèvement d'échantillons d'urine d'habitants du voisinage de la RCT (éloignement de 50 à 400 m) a été effectué en décembre 1981 et a touché 56 personnes dont l'urine avait déjà été analysée en octobre 1979 et mai 1980. A l'exception des valeurs d'une famille qui a déménagé depuis le dernier examen et pour laquelle la concentration du tritium dans l'urine a diminué, les résultats des 3 séries d'analyses concordent bien. En admettant que la teneur en tritium mesurée dans l'urine d'une personne reste constante durant toute l'année, on peut calculer une dose hypothétique au corps entier pour les personnes examinées. Les doses annuelles ainsi extrapolées sont sans exception inférieures à 5 mrem. La valeur directrice applicable aux rejets de tritium dans l'atmosphère selon l'art. 107 de l'OPR entraînerait une dose au corps entier de 50 mrem/an.

L'activité bêta totale ($E_{\beta} > 150$ keV) d'échantillons d'eau de la STEP de Teufen et du ruisseau en aval de la RCT a été inférieure à 15 pCi/l et, par conséquent, pas beaucoup supérieure à l'activité enregistrée dans les échantillons de précipitations. Un échantillon prélevé à la fontaine "Reifler" a présenté une activité bêta totale de l'ordre de 20 pCi/l. L'activité alpha de 5 échantillons d'eau de la STEP de Teufen a varié entre 0,9 et 2,1 pCi/l, comme dans les cours d'eau suisses. Dans le ruisseau en aval de la RCT (5 échantillons), on a enregistré des valeurs comprises entre 3,5 et 8 pCi/l, dues en grande partie à la présence de radium-226 et de ses descendants. Les mesures de radium-226 ont donné environ 2 pCi/l pour la fontaine "Reifler" et 1 pCi pour le ruisseau en aval de la RCT. Comme cette eau n'est pas utilisée comme eau potable, une irradiation inadmissible peut être exclue.

L'entreposage définitif de la terre de jardin contenant du radium (env. 100 m³ et 50 mCi de radium-226), recueillie lors de l'assainissement du terrain de la RCT, tombe dans le domaine de compétences de l'autorité qui octroie l'autorisation. Un groupe de travail constitué à la fin de l'année 1981 et composé de représentants de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (IFAEPE), de l'IFR, de la CFSR et de la CNA examine à nouveau les aspects de la situation radiologique au voisinage de la RCT. En 1982, la documentation accompagnée de propositions d'assainissement est prête. Elle se base sur les longues séries de mesures relatives au tritium, au strontium-90 et au radium-226 présents sur le terrain et au voisinage de l'entreprise.

Dans les drainages des dépotoirs "Bächli" (terrain de la protection civile à Teufen) et "List" (Commune de Stein), on a enregistré, comme les années précédentes, des activités en tritium comprises entre

5 et $7 \cdot 10^5$ pCi/l, respectivement entre 0,2 et $5 \cdot 10^6$ pCi/l. La RCT y avait déposé par le passé des déchets et des décombres de construction. Comme ces eaux s'écoulent après quelques mètres dans des ruisseaux où elles sont diluées à des valeurs tout à fait insignifiantes, il n'y a cependant aucun risque d'irradiation inadmissible de personnes. Dans l'eau résiduaire du dépotoir "Bächli", on a également détecté du radium-226 (5 à 14 pCi/l) et du strontium-90 (200 à 500 pCi/l). Par suite de dilution sitôt après, un danger est ici également exclu. Dans les matières insolubles en suspension dans cette eau, on a mesuré environ 10 pCi strontium-90/g MS et entre 10 et 70 pCi radium-226/g MS.

Merz & Benteli - Microtec AG, Niederwangen BE

En 1981, cette entreprise a rejeté 0,4 Ci de tritium avec les eaux résiduaires dans la canalisation. Dans le ruisseau "Stadtbach" à Bümpliz (en aval de Niederwangen), la teneur en tritium s'est élevée à 2000 pCi/l. A partir de 1982, le bilan des rejets avec les effluents gazeux est également effectué.

L'entreprise Merz & Benteli a fabriqué à son ancien emplacement à Berne-Bümpliz des peintures lumineuses à base de radium jusqu'en 1964 et à base de tritium jusqu'en 1974. Les anciens bâtiments de fabrication et quelques points dans leur voisinage immédiat sont en partie fortement contaminés par du radium. Ce fait a été constaté en 1980 par la CNA et confirmé par des mesures de la CFSR. Les concentrations en radium-226 d'échantillons de terre prélevés en 6 points ont varié entre 9000 et 9'000'000 de pCi/kg MS. La teneur en strontium-90 de ces échantillons a été en moyenne de l'ordre d'un centième de la concentration en radium-226. La teneur en radium-226 de 3 échantillons d'herbe a varié entre 45'000 et 320'000 pCi/kg MS. Le bien-fonds est propriété de la Ville de Berne depuis 1977 et doit être assaini, ainsi que le voisinage immédiat, en 1982, sous la surveillance de la CNA et de l'OFSP (décontamination et démolition des bâtiments, ainsi qu'évacuation des décombres et de la terre contaminée).

Cerberus AG, Männedorf et Volketswil

L'entreprise Cerberus AG traite du tritium à Männedorf et de l'américium-241 à Volketswil. Quatre fois par année, des échantillons d'eaux résiduaires sont prélevés dans chacune des deux fabriques et leurs activités alpha totale, bêta totale et en tritium sont mesurées. Comme prévu, des teneurs accrues en tritium n'ont été constatées que dans les eaux résiduaires de la fabrique de Männedorf (7000 à 9000 pCi/l; valeur directrice pour le tritium dans l'effluent selon l'OPR: 300'000 pCi/l). A Volketswil, on n'a mesuré par contre que 300 pCi/l environ. Des activités alpha accrues ont été enregistrées dans les eaux résiduaires de la fabrique de Volketswil qui traite de l'américium (jusqu'à 15 pCi/l; valeur directrice pour l'américium-241 dans l'effluent selon l'OPR: 300 pCi/l). L'activité bêta totale des eaux résiduaires des deux fabriques (à chacune 4 échantillons) a été inférieure à 10 pCi/l.

4.4. Institut suisse de recherche nucléaire (ISN)

Selon une communication de 1981, l'ISN ne rejette que de faibles quantités de matières radioactives liquides dans l'Aar (30 m³ d'eau

contenant environ 0,02 mCi équivalent de cobalt-56, correspondant à $8,4 \cdot 10^{-4} C_w$). Les rejets gazeux se composent d'environ 100 Ci d'argon-41 et 2400 Ci d'émetteurs bêta à vies courtes (dont 38% de carbone-10, 27% de carbone-11, 20% d'azote-13 et 15% d'oxygène-15). Les rejets de tritium et de béryllium-7 sont négligeables. Le rejet maximum admissible s'élève à 2500 Ci/an équivalents d'argon-41.

Les mesures du débit de la dose ambiante gamma le long de la clôture de l'ISN n'ont montré qu'à l'angle SE du terrain, près de l'entrepôt de déchets, une légère augmentation de la dose, due au rayonnement direct (valeur brute extrapolée sur une année: 130 à 260 mrem/an; fond naturel: 70 à 90 mrem/an). D'après les mesures effectuées par l'ISN, la dose nette près de l'hôtellerie de l'ISN s'élève à environ 10 mrem/an, près de la clôture le long de la route côté ouest à 5-25 mrem/an et à l'angle SE du terrain (près de l'entrepôt de déchets) à 40-100 mrem/an.

En 6 points au voisinage de l'ISN, l'IFR mesure la dose neutronique au moyen de dosimètres spéciaux afin d'observer une éventuelle influence des accélérateurs de particules de l'ISN. En 1981, on a enregistré les doses neutroniques suivantes (en mrem/an):

Sud de l'IFR (maison d'habitation, 350 m SE)	3,8+1,0
Grange Schödler (150 m ONO)	7,1+1,0
Grange Fehlmann (550 m SSO)	2,9+1,0
Tüeliboden (400 m NO)	3,2+1,0
Hôtellerie de l'ISN (300 m NNE)	3,2+1,0
Villigen (maison d'école, 1200 m SSO)	1,9+1,0
Ennetbaden	2,4+1,0

Seuls les deux premiers points présentent des valeurs légèrement accrues. Sur la base des résultats obtenus aux autres points, on peut estimer à $2,7 \pm 0,6$ mrem/an la moyenne du fond neutronique naturel (d'après les données de l'UNSCEAR, la dose neutronique naturelle au niveau de la mer, à la latitude de 40° N, s'élève à 3,5 mrem/an). Selon les mesures de l'ISN, la dose neutronique nette est de l'ordre de 1 mrem/an près de l'hôtellerie de l'ISN, varie entre 1 et 25 mrem/an près de la clôture le long de la route côté ouest et se situe vers 10 mrem/an à l'angle SE (entrepôt de déchets).

5. ACTIVITÉ DU COMITÉ D'ALARME RADIOACTIVITÉ (CA)

Le CA traite ses affaires en 3 séances par année. Pour résoudre des problèmes déterminés, il distribue également, en ces occasions, des tâches à des groupes de travail, afin d'améliorer son engagement en faveur de la population lors d'un danger de radioactivité et de l'adapter aux nouvelles connaissances. Suite à l'arrêté du Conseil fédéral du 25 juin 1980 concernant la création d'un groupe permanent d'engagement en cas de dangers imminents auprès de la Centrale de surveillance de l'Institut suisse de météorologie (ISM),

il était urgent de procéder à une révision partielle de l'"Ordonnance concernant l'organisation d'alarme en cas d'augmentation de la radioactivité". Cette modification a été adoptée par le Conseil fédéral le 29.4.81 et mise en vigueur le 1er juillet 1981. Voici les principaux changements:

- a) La composition du CA est fixée dans l'ordonnance et le nombre des membres est limité à 15.
- b) Dans l'ordonnance sont désignés les services spécialisés qui sont à la disposition de l'Organisation d'alarme, en particulier le poste permanent d'alarme auprès de l'ISM et le groupe d'engagement de la Centrale de surveillance; leurs tâches y sont consignées.
- c) L'Organisation d'alarme dispose d'un service de piquet constitué de spécialistes AC.
- d) Pour qu'une information rapide et adéquate à tous les niveaux soit possible en cas d'alarme, deux voies ont été définies:
 - en cas d'accidents dans les installations nucléaires suisses, les propositions du CA à l'intention du Conseil fédéral passent par le Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie qui est également compétent pour l'information de la population
 - dans tous les autres cas de danger de radioactivité, c'est le Département fédéral de l'intérieur (DFI) qui est compétent, de manière analogue.
- e) Le Comité d'alarme radioactivité reste subordonné au DFI; il est dorénavant rattaché administrativement à l'ISM.

Par cette révision de l'ordonnance, le CA a été détaché de la CFSR. Par conséquent, l'activité du Comité d'alarme radioactivité ne sera plus relatée dans les futurs rapports de la CFSR. En cas d'engagement de l'Organisation d'alarme, la CFSR continue de mettre tous ses moyens à disposition. Pour la coordination de ceux-ci, elle reste représentée par un membre au sein du CA.

6. RÉSUMÉ: IRRADIATION DE LA POPULATION SUISSE

Aucune concentration inadmissible de substances radioactives n'a été enregistrée en Suisse en 1981, ni dans l'air, ni dans les denrées alimentaires et l'eau potable. Par suite de l'explosion nucléaire chinoise du 16 octobre 1980, on a enregistré en 1981 une légère augmentation de la radioactivité artificielle de l'air en Suisse par rapport à 1980, due principalement aux produits de fission à vies moyennes.

En 1981, toutes les centrales nucléaires et l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs ont respecté les prescriptions sur les rejets.

Les concentrations de radionucléides dans l'eau des STEP de Zürich, Berne et Lausanne ont toujours été inférieures à la valeur directri-

ce applicable à l'effluent. Par rapport à l'année précédente, l'activité en iode-131 à la STEP de Zürich a baissé en moyenne d'environ 30%.

Sur la base des mesures de radioactivité de la CFSR et des données établies par les organes de contrôle sur les rejets des entreprises et les doses aux personnes professionnellement exposées aux radiations, on peut évaluer la dose individuelle moyenne en Suisse en 1981. Elle se compose des contributions suivantes:

6.1. Rayonnement naturel

La dose ambiante naturelle en Suisse varie entre 50 mrem/an dans le Jura et 300 mrem/an dans certaines régions des Alpes. Cette irradiation naturelle et les radionucléides naturels présents dans le corps, principalement le potassium-40, occasionnent des doses moyennes à la population suisse de 145 mrem/an à la moelle rouge des os et de 105 mrem/an aux gonades. L'irradiation naturelle peut servir de grandeur de comparaison pour juger les doses d'origine artificielle.

6.2. Retombée mondiale des explosions nucléaires

L'explosion nucléaire chinoise du 16.10.80 a provoqué en Suisse en 1981 une dose individuelle de l'ordre de 0,1 mrem. Le césium-137 déposé au sol et le strontium-90 accumulé dans les os par l'intermédiaire de l'alimentation, provenant des bombes atomiques antérieures, occasionnent chacun encore une dose d'environ 2 mrem/an.

D'autres radionucléides à vies longues issus des essais nucléaires antérieurs dans l'atmosphère, tels que le tritium, le carbone-14 le rhodium-106 et l'antimoine-125 produisent également une irradiation supplémentaire qui est cependant au total inférieure à 1 mrem/an.

6.3. Sources faibles et irradiation naturelle accrue

Des doses sont dues en outre à de faibles sources non uniformément réparties, telles que montres à cadran lumineux et appareils de télévision en couleur, ainsi qu'aux vols à haute altitude (rayonnement cosmique: environ 0,5 mrem/h à une altitude de 10 km; contribution moyenne à la population: environ 1 mrem/an) et à l'usage du tabac ¹⁾ (polonium-210). Ces contributions sont estimées au total à quelques mrem/an.

6.4. Installations nucléaires et instituts de recherche

Les immissions imputables aux installations nucléaires, aussi bien par les eaux résiduaires que par les effluents gazeux, sont faibles même dans leur voisinage immédiat et le plus souvent non décelables. Les doses individuelles possibles au voisinage sont par conséquent estimées à partir des émissions, lesquelles sont surveillées par des mesures. La radioactivité rejetée avec les eaux résiduaires entraîne des doses hypothétiques inférieures à 0,1 mrem/an, avec les effluents gazeux des doses inférieures à 1 mrem/an. Seule la dose à

1) H. Völkle, Zur Strahlenbelastung durch Zigarettenrauchen, Réunion annuelle de la Société suisse de radiobiologie et radiophysique, Zürich, octobre 1981

la glande thyroïde de bébés qui n'auraient bu que du lait de vaches pâturant au point critique au voisinage de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs aurait atteint 5 mrem/an au maximum (Centrale nucléaire de Mühleberg: 1 mrem/an).

Les immissions radioactives au voisinage des centrales nucléaires décroissent rapidement avec la distance. L'irradiation moyenne de la population, qui en résulte, est par conséquent négligeable (en 1981: bien inférieure à 1 mrem/an). L'irradiation due aux produits de fission à vies longues issus de l'énergie nucléaire (tritium, carbone-14, krypton-85, iode-129) et dispersés dans l'atmosphère à l'échelle mondiale est insignifiante.

Des doses ambiantes accrues dues au rayonnement direct ont été constatées au voisinage immédiat, à l'extérieur de la clôture des installations nucléaires (Mühleberg, Beznau, Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs) et de l'ancienne Centrale nucléaire expérimentale de Lucens, ainsi que près de l'Institut suisse de recherche nucléaire. Les doses nettes à l'endroit du maximum s'élèvent à environ 500 mrem/an près de la Centrale nucléaire de Mühleberg et de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs, à 100 mrem/an près de l'Institut suisse de recherche nucléaire, à 400 mrem/an près de la Centrale nucléaire de Beznau et de l'ancienne Centrale nucléaire expérimentale de Lucens. La dose annuelle supplémentaire aux individus de la population (= dose ambiante multipliée par la durée de séjour par année) qui se tiennent pendant peu de temps en ces endroits inhabités est inférieure à 20 mrem/an. Aux endroits habités en permanence au voisinage de ces installations, la dose ambiante due au rayonnement direct a été inférieure à 2 mrem/an.

6.5. Industries et hôpitaux

Les entreprises industrielles et les hôpitaux rejettent différents radioisotopes avec les eaux résiduaires et les effluents gazeux. Il en résulte un accroissement minime de la radioactivité dans les eaux et des doses insignifiantes. Le tritium, qui, en tant qu'isotope de l'hydrogène, est lié à l'eau, ne peut pas être éliminé lors du traitement pour l'eau potable. L'utilisation exclusive d'eau du Doubs en aval de La Chaux-de-Fonds comme eau potable aurait occasionné une dose inférieure à 1 mrem/an (le Doubs est le cours d'eau de Suisse qui a la plus forte teneur en tritium).

Des analyses de tritium ont été effectuées sur trois séries d'échantillons d'urine d'habitants des environs de l'entreprise Radium-Chemie AG à Teufen (AR). On en déduit que les émissions de tritium avec les effluents gazeux de cette entreprise ont entraîné en son voisinage immédiat, par suite d'inhalation de tritium, des doses au corps entier inférieures à 10 mrem/an. A une distance de quelques centaines de mètres, cette dose supplémentaire n'est plus mesurable.

Le terrain de l'entreprise Radium-Chemie AG à Teufen et celui de l'ancienne fabrique Merz & Benteli à Bümpliz sont actuellement assainis sous la surveillance de la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents et de l'Office fédéral de la santé publique.

6.6. Personnes professionnellement exposées aux radiations

En 1981, 43'431 personnes professionnellement exposées aux radiations ont été surveillées par les 3 organes de contrôle. Elles ont accumulé ensemble 2062 rem (en moyenne 47 mrem par personne), ce qui donne en moyenne sur l'ensemble de la population environ 0,3 mrem/an. Cette valeur est déterminante pour juger les effets génétiques sur la population.

6.7. Applications médicales

D'après une enquête effectuée en 1971, les examens diagnostiques aux rayons X provoquent une dose génétiquement significative de l'ordre de 40 mrem/an, une dose moyenne aux gonades de 80 mrem/an et une dose moyenne à la moelle osseuse d'environ 120 mrem/an.

En 1976, les examens effectués en médecine nucléaire ¹⁾ ont entraîné pour la population du canton de Bâle-Ville une dose génétiquement significative de 0,5 mrem/an (dose moyenne aux gonades: 10 mrem/an)

7. CONCLUSION

Ce rapport arrive à la conclusion que l'irradiation artificielle de la population suisse, mise à part la contribution des applications médicales des rayonnements, a occasionné en 1981 une dose moyenne annuelle inférieure à 10 mrem. Celle-ci est plus de 10 fois plus faible que l'irradiation naturelle.

La dose moyenne imputable aux examens diagnostiques aux rayons X est du même ordre de grandeur que la dose naturelle.

Nous exprimons nos meilleurs remerciements au Conseiller fédéral H. Hürlimann, à M. E. Marthaler, secrétaire général du Département fédéral de l'intérieur, et à M. U. Frey, directeur de l'Office fédéral de la santé publique pour leur soutien à la CFSR. Nos remerciements vont également à tous les experts et collaborateurs des laboratoires et postes de prélèvement engagés, et en particulier à la Division principale de la sécurité des installations nucléaires, à la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents et à la Section de la radioprotection de l'Office fédéral de la santé publique pour leur précieuse collaboration.

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

Composition de la Commission:

Prof. Dr. O. Huber, Université de Fribourg, président
PD Dr. H. Loosli, Université de Berne, vice-président
PD Dr. C. Bovet, CERN, Genève
Prof. Dr. A. Donath, Hôpital cantonal, Genève
Prof. Dr. G. Poretti, Hôpital de l'Ile, Berne
Prof. Dr. W. Stumm, EPF, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Hôpital universitaire, Zürich

Fribourg, juillet 1982 /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 (Président: Dr. A. Miserez, Office fédéral de la santé publique, Berne / Dr. M. Schüpbach, Laboratoire cantonal de Bâle-Ville)
- 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 recherches en matière de réacteurs, Würenlingen (Dr. F. Alder / H.H. Brunner, 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, A. Lück)
- 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, C. Murith, Mme D. Siradovic, L. Baeriswyl, Mme M. Gobet)
- NESTEC Société d'assistance technique pour produits Nestlé SA, La Tour-de-Peilz (M. Arnaud, Mme I. Bracco)
- PBE Institut de physique de l'Université de Berne (Prof. Dr. H. Oeschger, PD Dr. H. Loosli, U. Schotterer)
- SCCI Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Prof. Dr. A. Donath)

A 16796