Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 22 (1978)

Rubrik: 22e Rapport de la Commission fédérale de surveillance de la radioacitvité pour l'année 1978 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: 10.10.2025

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

22e RAPPORT DE LA COMMISSION FEDERALE DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE POUR L'ANNEE 1978 A L'INTENTION DU CONSEIL FEDERAL

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

1. INTRODUCTION

1.1. La surveillance de la radioactivité par la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR) a pour but de déterminer la contribution de l'environnement à l'irradiation de la population et de groupes particuliers de personnes (par ex. au voisinage des centrales nucléaires).

Pour remplir sa tâche, la CFSR, en collaboration avec les organes de contrôle, a organisé un réseau de prélèvement d'échantillons et de mesure qui permet d'évaluer la radioactivité dans la biosphère, en particulier au voisinage des centrales nucléaires et d'entreprises industrielles.

L'observation des limites de rejet prescrites aux centrales nucléaires dans leur autorisation d'exploitation est contrôlée par la Division pour la sécurité des installations nucléaires (DSN); l'évaluation des effets éventuels des immissions dans l'environnement incombe à la CFSR. Les deux instances coordonnent leurs tâches et ont établi un programme commun pour la surveillance des rejets et de l'environnement. Par des mesures de contrôle, la DSN et la CFSR constatent si les précautions d'exploitation prises pour ne pas dépasser les limites de rejet fixées en vue de la protection de l'environnement sont suffisantes et si les contrôles effectués par l'entreprise elle-même satisfont à leurs exigences. La détermination des nucléides présents dans des échantillons de l'environnement permet de mettre en évidence les immissions dues à une installation nucléaire. Au voisinage de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken, des mesures analogues à celles qui sont faites au voisinage des centrales en exploitation ont été effectuées avant la mise en service,

---

1) Le rapport a été rédigé en collaboration avec Dr. J. HALTER, phys. dipl. H. VÖLKLE et Dr. B. MICHAUD (Fribourg) sur la base des rapports de travail des laboratoires cités à l'appendice

pour le constat. Des analyses d'échantillons parallèles par l'exploitant, la DSN et la CFSR permettent un contrôle réciproque des méthodes de mesure.

Dans le domaine de contrôle de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) et de la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA), la CFSR effectue, selon son programme de surveillance, des mesures sélectives d'immissions, principalement dans les eaux et les stations d'épuration des eaux usées, complétant ainsi la surveillance des rejets par les organes de contrôle. Toute augmentation de la radioactivité laissant présumer des rejets inadmissibles est annoncée par la CFSR aux organes de contrôle, afin que ceux-ci puissent prendre les mesures éventuellement nécessaires.

Les doses aux personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession sont publiées dans un rapport de la Commission fédérale de la protection contre les radiations ("Irradiation et dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse durant l'année 1978", rapport produit par le Groupe d'experts pour la dosimétrie individuelle, présidence: S. Prêtre).

1.2. Activités du Comité d'alarme (CA) de la CFSR

Le 1er janvier 1979 est entrée en vigueur l'ordonnance (révisée) sur la protection civile, dans laquelle sont définis à nouveau les signaux d'alarme valables en Suisse et leur signification. La nouveauté réside dans la création du signal "alarme-radioactivité" à côté de l'"alarme générale". Sur la base de cette nouvelle réglementation des signaux d'alarme, l'installation d'un système d'alarme rapide (sirènes) dans la zone I (distance 3 à 5 km) des centrales nucléaires de Beznau, Gösgen et Mühleberg a été réalisée jusqu'à fin 1978, en collaboration, par le Département fédéral des transports et communications et de l'énergie, représenté par la DSN, le CA/CFSR et les cantons de site. Ceux-ci, en collaboration avec les autorités fédérales, ont élaboré des aide-mémoire informant la population sur le comportement à adopter en cas d'augmentation dangereuse de la radioactivité consécutive à un accident grave de réacteur. L'exécution des mesures de protection incombe aux cantons et aux communes.

Le 24 janvier 1978, le satellite russe "Cosmos 954", possédant un petit réacteur nucléaire à bord, s'est désintégré dans l'atmosphère et des pièces sont tombées sur le Canada. Aucune augmentation de la radioactivité n'a été mesurable en Suisse. L'événement offrit l'occasion d'essayer des parties de l'organisation d'alarme (voir aussi le rapport annuel 1977 de la CFSR).

Les autorités fédérales planifient la construction d'une centrale d'alarme, dans laquelle la centrale de surveillance du CA/CFSR est également intégrée. En cas d'augmentation dangereuse de la radioactivité avec danger imminent pour notre pays, celle-ci a la compétence d'alerter directement la population par la radio, la télévision et la presse et de lui recommander les mesures de protection appropriées.

Pour être en mesure de remplir cette mission pleine de responsabilité, en particulier aussi en relation avec le système d'alarme rapide autour des centrales nucléaires, la centrale de surveillance (CS) du CA a été renforcée par un groupe d'intervention qui l'assiste dans la préparation d'un cas d'alarme et peut être engagé de manière responsable si un tel cas devait se produire.

En automne 1978 a eu lieu l'exercice annuel de mesure et de transmission des 104 postes d'alerte atomique répartis dans tout le pays; la plupart sont rattachés à des postes de gendarmerie. Quasiment tous les messages prescrits (env. 99% de plus de 500 messages transmis par télex) sont arrivés correctement par la voie de service en l'espace de 30 minutes environ après les mesures correspondantes. Le même jour, 17 laboratoires ont effectué des mesures d'intercomparaison sur des échantillons radioactifs et ont communiqué leurs résultats par l'intermédiaire du réseau de transmissions. Aussi bien la qualité des mesures que la transmission des résultats ont été satisfaisantes.

2. SURVEILLANCE GÉNÉRALE

La plus grande partie de la radioactivité introduite dans la biosphère en 1978 provient de la bombe chinoise de 4 Mt du 17.11.76. Deux bombes chinoises de calibre inférieur à 20 kt, mises à feu au Lop Nor le 16.3.78 et le 14.12.78, n'ont provoqué que pendant peu de temps une légère augmentation de la radioactivité de l'air.

2.1. Air (fig. 1-3, tabl. 1)

Par rapport à l'année précédente, la radioactivité dans l'air des produits issus des bombes a diminué env. de moitié en 1978. Les produits de fission à vies moyennes et longues ont évolué comme d'habitude, montrant une augmentation après l'échange printanier entre la stratosphère et la troposphère (nouvel apport de radioactivité provenant du réservoir stratosphérique), suivie d'une lente décroissance. Les bombes chinoises du 16.3 et du 14.12.78 ont provoqué de faibles activités en produits de fission à vies courtes dans les basses couches de l'atmosphère. Aucun produit de fission à vie courte n'a pu être décelé, peu de temps après les essais nucléaires, dans des filtres à air provenant de la stratosphère inférieure (1000 m au-dessus de la tropopause); les produits de fission de ces bombes ne sont donc pas parvenus dans la stratosphère et ne provoqueront par conséquent aucune retombée radioactive retardée.

La contamination de l'air a produit, en 1978, une dose artificielle totale par irradiation externe et inhalation de l'ordre de 0,1 millirem/an. Cette valeur prend en compte les effets des radionucléides gazeux à vies longues, tels que le tritium, le carbone-14, le krypton-85 et l'iode-129, qui proviennent en partie d'explosions nucléaires antérieurs (tritium, carbone-14) et en partie des rejets

atmosphériques des réacteurs nucléaires et des installations de retraitement du combustible (krypton-85, iode-129).

L'argon-37 provient principalement des explosions nucléaires souterraines; en 1978, la teneur de l'air en argon-37 (0,02 - 1,3 picocurie/m^3) a été parfois notablement plus élevée que l'année précédente. La dose annuelle qui en résulte reste cependant négligeable (<< 1 mrem/an).

Les mesures des nucléides radioactifs naturels dans l'air ont donné les moyennes annuelles suivantes: béryllium-7: 0,1 pCi/m^3, plomb-210: 0,013 pCi/m^3, radioactivité alpha totale: 0,002 pCi/m^3. La valeur pour les émetteurs alpha à vies longues est due principalement au polonium-210 naturel.

2.2. Précipitations (tabl. 2)

La radioactivité artificielle totale déposée par les précipitations au nord des Alpes en 1978 n'a pas varié notablement par rapport à 1977. La présence de ruthénium-103, zirconium-95 et niobium-95 dans les échantillons des mois de mars et avril a montré clairement que la radioactivité spécifique plus élevée enregistrée durant cette période provenait de la bombe atomique chinoise du 16 mars. Au Tessin (Locarno), la radioactivité des précipitations en 1978 est revenue au niveau que l'on observe au nord des Alpes. La retombée sèche (poussière) mesurée à cet endroit s'est élevée à 1,3 mCi/km^2 (1977: 1,0 mCi/km^2).

Comme en 1977, la moyenne annuelle de l'activité du tritium dans les précipitations a varié dans la plupart des stations entre 200 et 500 pCi/litre. A Berne seulement, une augmentation inoffensive jusqu'à 850 pCi/litre (moyenne mensuelle maximale en novembre: 2350 pCi/litre) a été constatée. (Précipitations à La Chaux-de-Fonds, v. 4.2.).

2.3. Eaux superficielles et souterraines, eau potable

Des échantillons d'eau sont prélevés en continu dans les rivières et fleuves suivants: Rhin (Rekingen/AG et Village Neuf près de Bâle), Rhône (Porte du Scex et Chancy), Tessin (Riazzino) et Doubs (St-Ursanne); leur radioactivité alpha, bêta et en tritium est déterminée mensuellement (activité bêta dans le Rhin: chaque 2 semaines; tritium dans le Doubs: chaque semaine). Par des mesures parallèles, la CFSR contrôle d'autre part la surveillance continue de l'Aar effectuée par les centrales nucléaires en amont et en aval des installations.

La radioactivité bêta totale d'échantillons prélevés dans le Rhin (St. Margrethen), la Tresa (Ponte Tresa) et l'Inn (Martinsbruck) est en outre déterminée 4 fois par an. La Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRA) a, d'autre part, mesuré la radioactivité bêta totale de 8 échantillons provenant du lac de Zürich et de 10 échantillons provenant du lac des Quatre-Cantons.

La radioactivité bêta totale des eaux fluviales a été le plus souvent inférieure à 10 pCi/litre, la radioactivité alpha totale inférieure à 2 pCi/litre et la radioactivité en tritium a varié entre 150 et 800 pCi/litre (à l'exception du Doubs, v. 4.2.). Dans un échantillon d'eau du Rhône, prélevé en juin à la porte du Scex, on a enregistré une activité bêta légèrement accrue de 13 pCi/litre et une activité alpha de 5,4 pCi/litre; cela est en rapport avec la quantité particulièrement élevée de matières solides dans cet échantillon; si la radioactivité est exprimée par unité de masse du résidu sec, on obtient 45 pCi bêta/g (moyenne annuelle 58 pCi/g) et 16 pCi alpha/g (moyenne annuelle 14 pCi/g); ces valeurs de juin ne tombent donc pas en dehors du domaine habituel.

La radioactivité bêta totale d'échantillons de matières en suspension, de plantes aquatiques et de sédiments prélevés dans l'Aar en amont et en aval des installations nucléaires a varié entre 14 et 39 pCi/g MS [1] et est restée par conséquent dans le domaine habituel de variation. Dans un échantillon de plantes aquatiques prélevé dans la Limmat à Oetwil, on a enregistré und activité en iode-131 de 83 pCi/g MS provenant des eaux usées de la station d'épuration de Zürich-Werdhölzli (v. 4.1.). L'analyse gamma d'un échantillon de sédiments prélevés au même endroit a donné 13 pCi/g MS en radionucléides naturels et 2 pCi/g MS en produits de fission; l'activité de ceux-ci se compose de 0,6 pCi/g d'iode-131 (provenant de la STEP), 0,6 pCi/g de cérium-144, 0,5 pCi/g de césium-137 et 0,3 pCi/g de ruthénium-106 (issus des retombées).

La radioactivité d'échantillons de chair de poisson a varié entre 1 et 2 pCi de potassium-40/g de matière fraîche et entre 0,02 et 0,04 pCi de césium-137/g de matière fraîche; elle correspond ainsi aux valeurs observées les années antérieures.

Vingt échantillons mélangés d'eaux souterraines provenant de captages aux environs des centrales nucléaires et 54 échantillons d'eau potable des villes de Zürich et de Bâle et de différents endroits du canton de St-Gall ont présenté sans exception une activité bêta totale inférieure à 5 pCi/litre.

2.4. Terre et herbe

Le tableau suivant présente les activités en potassium-40 (naturel, activité prédominante), césium-137 et strontium-90 d'échantillons de terre et d'herbe mesurés en 1978.

Radioactivité de la terre et de l'herbe en 1978 (pCi/kg MS)

Terre	Couche (cm)	Potassium-40 (naturel)	Césium-137	Strontium-90
Arenenberg, Grangeneuve	0- 5	12000-15000	350- 410	80-160
Voisinage de la CN de Gösgen	0- 5	8000-13000	700-1450	280

1) MS: matière sèche

Terre	Couche (cm)	Potassium-40 (naturel)	Césium-137	Strontium-90
Voisinage de la CN de Mühleberg	0- 5	17000-26000	240- 820	210
Stillberg-Davos	0- 5 5-15	15000 17000	6800 1700	1500 800

Herbe	Potassium-40 (naturel)	Césium-137	Strontium-90
Arenenberg, Grangeneuve	22000-37000	50- 230	140-460
Voisinage de la CN de Gösgen	13000-31000	130- 280	360-380
Voisinage des CN de Mühleberg et de Beznau	20000-46000	100- 420	240-520
Stillberg-Davos	20000	600	2800
Mürren	20000	(non mesuré)	970

Ces valeurs se trouvent à l'intérieur du domaine de variation observé ces dernières années. Les échantillons prélevés sur le Plateau ne présentent aucune différence systématique entre ceux des environs des réacteurs en exploitation et ceux qui proviennent d'autres régions, parmi lesquelles il faut compter aussi, en 1978, le voisinage de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken. Dans le cadre des analyses effectuées à Gösgen pour le constat, on a observé, outre les radionucléides figurant dans le tableau, les isotopes suivants: l'antimoine-125 (période: 2,7 ans), le rhodium-106 (1 an) et le cérium-144 (284 jours) en concentrations de l'ordre de 100 pCi/kg MS dans la terre; le cérium-144 (env. 1000 pCi/kg MS), le rhodium-106 (jusqu'à 500 pCi/kg MS) et l'antimoine-125 (env. 100 pCi/kg MS) dans l'herbe; dans les échantillons d'herbe prélevés au printemps, on a trouvé en outre du zirconium-95 (66 jours) et du niobium-95 (35 jours) provenant de la bombe atomique chinoise du 16.3.78, en concentrations de l'ordre de 100 pCi/kg MS.

Il est possible, à partir des mesures, de calculer l'irradiation externe par le césium-137 dans le sol; elle s'élève, en cas de séjour permanent en plein air, à env. 2 mrem/an.

2.5. Lait et autres denrées alimentaires

Les échantillons de lait prélevés sur le Plateau, aux mêmes emplacements que les échantillons d'herbe, ainsi qu'à Rossberg-Kemptthal, Rotberg/SO et dans le canton de Berne, ont présenté sans exception des concentrations en césium-137 et en strontium-90 inférieures à 8 pCi/litre, respectivement 10 pCi/litre (maximum au voisinage de Gösgen: 9 pCi/litre). On a enregistré 108 pCi/litre de césium-137

et 66 pCi/litre de strontium-90 dans un échantillon prélevé à Stillberg-Davos, et 35 pCi/litre de strontium-90 dans un échantillon provenant de Mürren. Toutes ces valeurs correspondent à ce que l'on attend sur la base des résultats des années antérieures.

Les échantillons des stations en altitude ont présenté, comme d'habitude, des concentrations en césium-137 et en strontium-90 plus élevées que sur le Plateau, car l'herbe est moins abondante en montagne et, de ce fait, les vaches paissent sur de plus grandes surfaces.

Des échantillons de froment de la moisson 1978, provenant du voisinage de Beznau, Mühleberg et Gösgen, ont présenté des activités en strontium-90 variant entre 27 et 30 pCi/kg, tandis que la moyenne suisse des échantillons des moissons 77 et 78 était de 29 pCi/kg. La concentration en césium-137 des échantillons de froment de 1978 prélevés aux environs des centrales nucléaires (centrale nucléaire de Gösgen-Däniken incluse) a varié entre 19 et 37 pCi/kg, la concentration en potassium-40 entre 3600 et 4100 pCi/kg.

Divers échantillons de fruits et légumes, analysés par la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRA), ont présenté des concentrations en strontium-90 également insignifiantes. La teneur en tritium d'échantillons de boissons (eau minérale, eau potable, bière, lait) a varié entre 240 et 700 pCi/litre; dans des échantillons de vin de l'année 1964 provenant du Valais et de France, on a enregistré une activité en tritium de 2700 pCi/litre. Cette valeur concorde avec les mesures américaines d'eaux superficielles de la même année (en Suisse, la CFSR n'avait, à cette époque, pas encore entrepris de mesures en série du tritium). On a également déterminé dans ces échantillons le césium-137 (60 à 70 pCi/litre), le strontium-90 (7 à 11 pCi/litre) et le potassium-40 (1000 à 1100 pCi/litre). La teneur en tritium du vin suisse de ces dernières années a varié entre 800 et 1000 pCi/l; le césium-137 n'était plus décelable; la concentration en potassium-40 s'est située vers 400 pCi/litre.

2.6. Corps humain

Les mesures de la teneur en strontium-90 des vertèbres humaines ont été poursuivies. Le rapport strontium-90/calcium dans les os reste, depuis 1975, pratiquement constant vers 0,8 pCi de strontium-90 par gramme de calcium. Cette concentration produit une dose annuelle de 2 mrem aux organes générateurs du sang.

En 1978, le Service cantonal de contrôle des irradiations à Genève a effectué des mesures gamma du corps entier sur 22 hommes et 20 femmes de 17 à 20 ans. La concentration moyenne en césium-137 s'est élevée à 26 pCi/kg pour les hommes et à 16 pCi/kg pour les femmes; ces valeurs correspondent à une dose de 0,3, respectivement 0,2 mrem/an au corps entier. La teneur moyenne du corps en potassium-40 s'est élevée à 2000 pCi/kg pour les hommes et à 1600 pCi/kg pour les femmes; ces concentrations produisent une dose de 19, 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 (tabl. 3, 4)

En période d'exploitation normale, les centrales nucléaires rejettent de faibles quantités de substances radioactives dans l'environnement par leurs effluents gazeux et liquides. Les rejets liquides se composent de tritium, de produits de fission et d'activation; les échappements gazeux comprennent des gaz rares, des aérosols radioactifs et des isotopes d'iode. Concernant les effluents gazeux, une attention particulière est à porter également aux nucléides à vies longues, tels que le krypton-85, le carbone-14, le tritium et l'iode-129. Les substances radioactives rejetées dans l'environnement peuvent irradier les personnes résidant au voisinage de l'installation; on fait la distinction entre l'irradiation externe, par le panache radioactif ou par les matières radioactives déposées sur le sol, et l'irradiation interne due à la radioactivité incorporée par inhalation ou par l'eau potable et la nourriture. Les voies conduisant aux plus grandes contributions à la dose interne s'appellent voies critiques d'irradiation, par exemple l'irradiation de la glande thyroïde de bébés par l'iode-131 qui se dépose sur le sol après libération et parvient à la glande thyroïde par la chaîne herbe-vache-lait, ou l'irradiation du corps entier de personnes consommant des poissons ayant absorbé du césium-137 rejeté par la centrale nucléaire. D'autre part, le rayonnement direct du circuit primaire des réacteurs à eau bouillante, des entrepôts de déchets radioactifs ou d'installations d'irradiation peut provoquer une irradiation des personnes séjournant aux environs immédiats, à l'extérieur de la zone clôturée. La durée de séjour joue ici un rôle important; les doses aux personnes sont le plus souvent insignifiantes, car personne ne se trouve longtemps sous l'action de ce rayonnement.

Selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations (art. 44), la dose supplémentaire accumulée par des individus de la population ne doit pas dépasser 500 mrem/an (dose aux personnes). La dose ambiante, c.-à-d. la dose qu'une personne pourrait hypothétiquement recevoir pendant un temps donné, à un endroit déterminé dans un champ de radiations, est réglementée aux articles 53 (installations génératrices de radiations ionisantes) et 98 (entreposage des sources radioactives). Il est prescrit que la dose ambiante ne doit pas dépasser 10 mrem/semaine, c.-à-d. env. 500 mrem/an, aux endroits situés en dehors des locaux où se trouvent ces installations, respectivement à l'extérieur de ces entrepôts. A l'article 107, les émissions radioactives dans l'air et dans l'eau sont limitées de telle manière qu'aucune personne, exposée en permanence à cette contamination de l'environnement, ne puisse recevoir une dose supérieure à 50 mrem/an par l'air (irradiation externe et inhalation) et une dose supérieure à 50 mrem/an par l'eau (ingestion, nourriture incluse).

Se basant sur un concept, l'autorité qui octroie l'autorisation d'exploitation aux centrales nucléaires a limité encore plus rigou-

reusement leurs émissions radioactives, de telle manière qu'aucune personne au voisinage de la centrale ne reçoive, par irradiation externe et interne, une dose supérieure à 20 mrem/an. Eu égard à l'irradiation naturelle et à ses variations en fonction du lieu, cette dose supplémentaire maximale tolérée peut être considérée comme inoffensive. La CFSR est de l'avis qu'une limitation de la dose aux personnes à 20 mrem/an est applicable aussi au rayonnement direct émis par les centrales nucléaires et les entrepôts de déchets radioactifs et qu'elle doit figurer dans les règlements correspondants concernant la surveillance de l'environnement.

L'exploitant d'une centrale nucléaire est tenu de faire, à l'intention des autorités, le bilan de toutes les matières radioactives rejetées avec les effluents gazeux et liquides. Les méthodes de mesure et de prélèvement d'échantillons utilisées doivent satisfaire aux exigences des autorités. Les rejets et le bilan des rejets fait par l'exploitant sont contrôlés par la DSN. La DSN et la CFSR prélèvent en outre 4 fois par an des échantillons d'effluents liquides et gazeux; l'exploitant prélève à cette occasion des échantillons parallèles et communique, en l'espace d'une semaine, les résultats à la DSN et à la CFSR. Les représentants de la CFSR ont aussi en tout temps le droit d'accéder librement à toutes les parties de l'installation où a lieu directement l'évacuation de matières radioactives dans l'environnement, de consulter les procès-verbaux et enregistrements concernant ces parties de l'installation et de prélever les échantillons nécessaires aux contrôles.

A l'aide de modèles de dispersion, adaptés à chaque site de centrale nucléaire sur la base des données météorologiques, topographiques et hydrologiques spécifiques, il est possible, à partir des échappements atmosphériques, de calculer les immissions radioactives dans l'environnement et d'estimer ainsi l'irradiation supplémentaire de la population.

Les conditions topographiques complexes au voisinage de la centrale nucléaire de Mühleberg ne peuvent être considérées que partiellement dans un modèle. C'est pourquoi, dans le but de contrôler la précision et l'exactitude des modèles de dispersion utilisés et, le cas échéant, les adapter, un projet pluriannuel pour la détermination des coefficients de dispersion atmosphérique des gaz rares radioactifs a été exécuté, en collaboration, par l'Université de Berne, la centrale nucléaire de Mühleberg, la DSN, la Section de la protection de l'air de l'Institut suisse de météorologie à Payerne et le Laboratoire de Fribourg de la CFSR [1]. Le modèle de dispersion présenté dans ce travail permet, dans les conditions actuelles de faibles émissions, d'évaluer la dose annuelle supplémentaire avec une précision d'un facteur 2 à 4. A cause du vallonnement du terrain, la concordance avec la réalité est un peu moins bonne pour les émissions à court terme.

---

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

Le contrôle des émissions est complété par la surveillance de l'environnement qui englobe la dose ambiante et la radioactivité dans toutes les voies importantes de contamination et d'irradiation. La DSN et la CFSR établissent à cet effet, pour chaque centrale, un programme de prélèvement d'échantillons et de mesure, spécifique au site considéré, auquel participent la centrale nucléaire et des services spécialisés. Les mesures effectuées par la centrale sont contrôlées par des prélèvements d'échantillons. D'après ce programme, la radioactivité de l'air, de la poussière, des eaux, du sol, de l'herbe, du lait, des céréales, des plantes aquatiques, des matières en suspension dans l'eau, des sédiments et des poissons est surveillée au voisinage de la centrale. La dose ambiante est mesurée en plusieurs points au moyen de dosimètres à thermoluminescence (TLD, intégration trimestrielle, précision ± 15 à 20%) et de chambres à ionisation (enregistrement continu, précision ± 5 à 10%). Ces mesures, ajoutées au contrôle des émissions, donnent une information suffisamment précise sur une éventuelle contamination de l'environnement par la centrale. Auprès des centrales nucléaires de Gösgen et de Leibstadt, le programme de mesure complet est entré en vigueur 1 à 2 ans avant la mise en service, afin de déterminer les niveaux de référence de la radioactivité et des doses ambiantes.

3.2. Centrales nucléaires Beznau I et II (CNB) (tabl. 5)

En 1978, une activité totale de 3000±100 Ci de gaz rares radioactifs, principalement du xénon-133, et 20±6 mCi d'iode-131 ont été évacués dans l'atmosphère avec les effluents gazeux des centrales nucléaires Beznau I et II. Dans 45000 m^3 d'eau au total, des produits de fission et d'activation correspondant à une activité totale de 0,85 Ci, rapportée à un mélange de nucléides à valeur directrice C_W [1] de 10^{-4} Ci/m^3, ainsi que 310 Ci de tritium ont été rejetés en 1978 avec les effluents liquides. Selon l'autorisation d'exploitation, les limites annuelles en vigueur pour les rejets sont les suivantes: effluents gazeux: 30'000 Ci équivalents de xénon-133, 0,2 Ci d'iode-131; effluents liquides: 10 Ci (pour un mélange de nucléides à valeur directrice $C_W = 10^{-4}$ Ci/m^3), 2000 Ci de tritium.

Les rejets effectués en 1978 auraient provoqué, aux personnes qui auraient séjourné en permanence au point critique et auraient utilisé, comme eau potable, exclusivement de l'eau provenant de l'Aar en aval de la centrale nucléaire de Beznau, les doses annuelles maximales suivantes: gaz rares: moins de 1 mrem/an; iode-131 dans la glande thyroïde de bébés: moins de 1 mrem/an; eau de l'Aar: négligeable.

La radioactivité dans les tanks d'effluents liquides prêts à l'évacuation ne doit pas dépasser une concentration de 10 C_W. Elle s'est élevée (échantillons) en général à quelques C_W. L'évacuation simultanée d'eaux usées inactives provoque généralement une dilution d'un

---

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)

facteur 1,5 à 4 des rejets radioactifs provenent des tanks. La dilution moyenne dans l'eau de l'Aar est de 400'000. Les mesures parallèles d'échantillons d'effluents liquides, effectuées par la CFSR, la DSN et l'exploitant, ont montré une concordance satisfaisante des résultats. Des différences insignifiantes sont apparues dans les cas d'activités très faibles, ainsi que pour les produits de corrosion (cobalt, zinc, manganèse, etc.) pour la plupart insolubles; une bonne concordance a été obtenue pour les isotopes de césium généralement sous forme soluble.

Le réseau de dosimètres à thermoluminescence pour la mesure des doses ambiantes dans l'environnement (autour de l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs (IFR) et de la centrale nucléaire de Beznau; en tout 35 points de mesure) a donné en 1978 les doses annuelles brutes suivantes (en mrem/an): une station sur l'île de Beznau à une distance de 700 m de la centrale nucléaire de Beznau: 62±5; 6 stations à une distance de 1 km autour de la centrale nucléaire de Beznau: 54±3; 11 dosimètres dans les agglomérations avoisinantes de Würenlingen, Stilli, Klein-Döttingen, Full, Koblenz, Muri (station de référence), ainsi que près du lac de Klingnau: 56±3.

Conformément à des mesures antérieures effectuées avec une chambre à ionisation, une dose ambiante accrue par rapport à la dose naturelle a été constatée à l'est de l'installation, devant la porte d'entrée de l'aire de la centrale (augmentation de la dose ambiante de 97 mrem/an) et sur la route entre la centrale nucléaire de Beznau et le barrage, près de la fosse d'épuration de la centrale nucléaire de Beznau (augmentation de la dose ambiante de 27 mrem/an). Aucune augmentation de la dose ambiante n'a été décelable en d'autres points de l'île de Beznau. Si l'on considère que des personnes ne séjournent que peu de temps dans ce champ de radiations, on voit que leur irradiation additionnelle est de beaucoup inférieure à 20 mrem/an.

Les aérosols sont recueillis sur des plaques de vaseline et leur radioactivité bêta totale est mesurée. Le dépôt d'aérosols au voisinage de la centrale nucléaire de Beznau (4,0±0,1 mCi/km^2) ne se différencie pas de celui que l'on a observé aux environs de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken (en 1978, avant la mise en service: 3,9±0,1 mCi/km^2).

Les analyses d'échantillons provenant de l'Aar et d'échantillons d'eau souterraine sont rapportées au paragraphe 3.5.

3.3. Centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) (fig. 4-7, tabl. 6, 7)

Des gaz rares radioactifs (isotopes de krypton et de xénon) en quantité inférieure à 10'000 Ci équivalents de xénon-133 et env. 0,03 Ci d'iode-131 ont été rejetés dans l'environnement avec les effluents gazeux en 1978. L'autorisation d'exploitation prescrit pour les effluents gazeux les limites annuelles suivantes: 300'000 Ci équivalents de xénon-133 et 1 Ci d'iode-131.

Sur la base d'échantillons de gaz d'échappement, les rejets annuels d'autres nucléides ont également été évalués [1]:

Tritium:	1,2±0,2 Ci	(principalement sous forme de HTO)
Carbone-14:	6 ±2 Ci	(principalement sous forme de CO_2; mesures en 1977 et 1978)
Argon-37:	env. 14 Ci	
Krypton-85:	env. 1 Ci	

En 1978, une activité totale de 0,22 Ci (rapportée à un mélange de nucléides à valeur directrice C_W de 10^{-4} Ci/m^3) et 28 Ci de tritium ont été rejetés dans l'Aar avec les effluents liquides. L'autorisation d'exploitation prescrit pour les effluents liquides les limites annuelles suivantes: radioactivité totale: 10 Ci (rapportée à un mélange de nucléides à valeur directrice $C_W = 10^{-4}$ Ci/m^3), tritium: 500 Ci. La radioactivité volumique des échantillons mélangés mensuels a toujours été inférieure à 1/10 de la concentration maximale de 10 C_W permise dans les effluents liquides.

A partir de ces rejets, il est possible de calculer les doses au corps entier pour les personnes qui séjourneraient en permanence au point critique, qui utiliseraient, comme eau potable, exclusivement de l'eau provenant de l'Aar en aval de la centrale nucléaire de Mühleberg et qui ne se nourriraient qu'avec des aliments produits sur place:

Effluents gazeux:	- gaz rares (total)	< 1	mrem/an
	- iode-131 (dose à la glande thyroïde de bébés)	< 1	mrem/an
	- carbone-14	∿ 0,1	mrem/an
Effluents liquides:		∿ 0,01	mrem/an

Les rejets de krypton-85, d'argon-37 et de tritium avec les effluents gazeux ont provoqué des doses considérablement plus faibles aux personnes. Pour le contrôle des émissions, la CFSR et la DSN analysent des échantillons provenant de la conduite des gaz d'échappement et des tanks d'effluents liquides, ainsi que des échantillons mélangés mensuels des effluents liquides; leurs résultats sont comparés à ceux qu'obtient la centrale nucléaire de Mühleberg en mesurant des échantillons parallèles. La concordance des résultats est satisfaisante, compte tenu de la précision exigée.

Sur les 18 stations de dosimètres à thermoluminescence pour la surveillance de la dose ambiante, une se trouve dans l'aire de la centrale nucléaire (côté est). En 1978, on a enregistré à cet endroit und dose brute (c.-à-d. irradiation naturelle comprise) de 228 mrem/an; les autres stations, installées au voisinage de la centrale jusqu'à une distance de quelques km, ont donné en moyenne 94±8 mrem/an. La valeur la plus basse, à savoir 84±10 mrem/an, a été enregistrée près de la ferme "Talmatt", à 880 m au nord-est de la centrale

---

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

nucléaire; les valeurs les plus élevées ont été les suivantes: 105±10 mrem/an au quartier résidentiel de la centrale hydraulique II (à 800 m à l'est de la centrale nucléaire) et près de la ferme "Ufem Horn" (à 600 m à l'ouest de la centrale nucléaire), et 91±10 mrem/an près de la prochaine maison d'habitation à 700 m au nord-est de la centrale nucléaire (résidence des Forces motrices bernoises à Niederruntigen). Les différences d'une station à l'autre à l'extérieur de l'aire de la centrale nucléaire de Mühleberg se situent à l'intérieur de l'incertitude de mesure. Les mesures effectuées à l'aide d'une chambre à ionisation près de la ferme "Ufem Horn" durant toute l'année ont donné 100±5 mrem/an; le débit de dose ambiante pendant l'arrêt du réacteur en août n'a pas été significativement plus faible. Une chambre à ionisation placée depuis le début novembre près de la résidence des Forces motrices bernoises à Niederruntigen (à 700 m au nord-est de la centrale nucléaire de Mühleberg) a enregistré des valeurs qui correspondent à une dose annuelle de 99 mrem. On peut en conclure qu'aucune influence de la centrale nucléaire de Mühleberg sur les doses ambiantes près des habitations n'a été décelable et que la dose ambiante nette près de toutes les habitations aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg a été avec certitude inférieure à 20 mrem/an.

La moyenne annuelle de la radioactivité bêta totale des aérosols déposés sur des plaques de vaseline en 11 points s'est élevée à 3,3±0,7 mCi/km^2; les valeurs des différentes stations ont varié entre 1,9 (Salvisberg) et 4,3 (Frieswilhubel). Elles ne se différencient pas des dépôts observés ailleurs en Suisse.

Des déterminations de carbone-14 dans des échantillons de feuillage provenant du voisinage de la centrale nucléaire de Mühleberg ont été effectuées en 1977 et 1978. Une faible augmentation de la teneur en carbone-14 a été constatée jusqu'à quelques km de la centrale.

La radioactivité bêta totale de l'eau de l'Aar, laquelle est recueillie de manière continue et mesurée hebdomadairement, a été, en moyenne annuelle, aussi bien en amont qu'en aval de la centrale nucléaire de Mühleberg, inférieure à 10 pCi/l; celle des échantillons d'eau souterraine a toujours été inférieure à 5 pCi/litre. L'activité en tritium s'est élevée à 430±70 pCi/litre dans les échantillons d'eau de l'Aar et à 320±40 pCi/litre dans les échantillons d'eau souterraine. Dans les autres échantillons prélevés pour la surveillance de l'environnement (plantes aquatiques, matières en suspension dans l'eau, sédiments, poissons, herbe, terre, lait, céréales), on n'a pas constaté non plus de différences significatives par rapport aux échantillons provenant d'autres régions du pays.

Comme nous l'avons déjà annoncé dans le rapport annuel 1977, il règne aux environs immédiats de la centrale nucléaire de Mühleberg, à l'extérieur de l'aire clôturée, un niveau accru de radiations dû au rayonnement direct (v. fig. 4) provenant du bâtiment des machines (azote-16 dans le circuit primaire) et d'un entrepôt provisoire pour les fûts de déchets à l'ouest du réacteur. Le rayonnement diminue fortement avec l'éloignement. En quelques points à l'extérieur de la clôture, la dose ambiante atteint des valeurs supérieures à 400 mrem/an, en un point même 500 mrem/an, qui s'ajoutent au fond natu-

rel de l'ordre de 100 mrem/an. Déjà à 400 m de distance, même en liaison visuelle avec la centrale, le débit de dose ambiante supplémentaire ne s'élève plus qu'à 20 mrem/an au maximum. Près de toutes les habitations aux environs de la centrale nucléaire de Mühleberg, il est, avec certitude, inférieur à 2 mrem/an et on ne peut plus le distinguer des variations du fond naturel. Pour évaluer la dose aux personnes, il faut multiplier le débit de dose ambiante par la durée de séjour des personnes concernées (par ex.: paysans, pêcheurs, forestiers). Des travaux, pendant 1 mois, en un point de la clôture où la dose ambiante est de 440 mrem/an, occasionneraient par exemple une dose supplémentaire de 10 mrem aux personnes. Pour les promeneurs qui ne se tiennent que peu de temps dans le champ de ce rayonnement, la dose supplémentaire est négligeable.

Le séjour, à raison de 2 jours par semaine, dans une petite maison de week-end située sur la rive droite de l'Aar (augmentation de la dose ambiante de l'ordre de 40 mrem/an) occasionne une dose supplémentaire de 12 mrem/an.

Le rayonnement direct autour de la centrale nucléaire de Mühleberg est devenu d'actualité par un article de presse; c'est la raison pour laquelle les résultats et les doses possibles aux personnes ont été traités en détail dans ce rapport. La CFSR n'a pas été expressément rendue attentive par la DSN, avant 1977, à la question du rayonnement direct, car les prescriptions en vigueur n'étaient pas violées. La CFSR portera cependant à l'avenir son attention sur le rayonnement direct auprès des installations nucléaires. Il est néanmoins certain qu'aucune personne n'a reçu une dose supérieure à 20 mrem/an, par ce rayonnement, à l'extérieur de l'aire de la centrale nucléaire de Mühleberg.

3.4. Centrale nucléaire de Gösgen-Däniken (CNG); constat avant la mise en service

Les mesures pour le constat radiologique au voisinage de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken se sont terminées à la fin 1978, avant sa mise en service. Elles comprennent des mesures de la dose ambiante au moyen de dosimètres à thermoluminescence et de chambres à ionisation, des mesures de la distribution spectrale du rayonnement gamma de l'air et du sol, des analyses de divers échantillons de la voie de dispersion par l'eau (eaux superficielles et souterraines, matières en suspension, sédiments, plantes aquatiques, poissons) et de la voie de dispersion par l'air (aérosols, terre, herbe, lait, céréales). Ces mêmes mesures se poursuivent depuis le début (20 janvier 1979) des essais d'exploitation de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken, dans le cadre de la surveillance de l'environnement. Les résultats détaillés du constat sont rassemblés dans un rapport spécial [1].

---

1) H. Völkle, J. Czarnecki: Beweissicherung KKW Gösgen-Däniken: Berichte über die radiologische Umgebungsüberwachung vor Betriebsaufnahme des Kernkraftwerkes

Entre 1976 et 1978, les mesures de la dose ambiante (au moyen de dosimètres à thermoluminescence et de chambres à ionisation, 58 points au total) ont donné en moyenne 77±5 mrem/an; les moyennes des différentes stations ont varié entre 67 et 96 mrem/an. Malgré une précision de mesure limitée, les résultats des stations de dosimètres à thermoluminescence ont présenté partiellement des différences systématiques d'une année à l'autre. Les valeurs enregistrées par les chambres à ionisation en 1977 et 1978 étaient par contre concordantes.

La radioactivité des aérosols recueillis près du poste de couplage de 220 kV de la société d'électricité Aar et Tessin à Niedergösgen a présenté la même composition en nucléides qu'à Fribourg. Comme l'on pouvait s'y attendre, les autres échantillons (eaux superficielles et souterraines, matières en suspension dans l'eau, sédiments, plantes aquatiques, poissons, terre, herbe, céréales, lait) n'ont pas présenté de différence par rapport aux échantillons provenant d'autres régions du Plateau suisse.

3.5. Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs (IFR), Würenlingen, et Institut suisse de recherche nucléaire (ISN), Villigen (tabl. 8)

En 1978, les réacteurs et laboratoires de l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs ont rejeté dans l'environnement les quantités de matières radioactives suivantes:

Effluents gazeux: 0,5 Ci d'iode-131, 0,012 Ci d'iode-123, 0,3 Ci d'iode-125, 0,001 Ci d'iode-133, ainsi que des aérosols avec une activité bêta totale de 0,025 Ci (principalement césium-137, césium-134, zinc-65, tellure-123m, rhodium-106) et une activité alpha totale de 0,3 mCi (env. 90% polonium-210 et 10% actinides).
Effluents liquides: activité totale de 250 mCi, rapportée à un mélange de nucléides à valeur directrice $C_w = 10^{-4}$ Ci/m^3, ainsi que 290 mCi de tritium.

Ces rejets ont provoqué aux personnes du voisinage des doses s'élevant au maximum à 0,1 mrem/an par les effluents gazeux et 0,002 mrem/an par les effluents liquides. La dose à la glande thyroïde de bébés, qui n'auraient bu que du lait de vaches paissant au point critique, aurait atteint 20 mrem/an.

Le réseau de dosimètres à thermoluminescence au voisinage de l'IFR a enregistré en 1978 les doses ambiantes (brutes) suivantes, exprimées en mrem/an: dans l'aire de l'IFR: 170±13 au maximum; 3 dosimètres à l'extérieur de l'aire de l'IFR, dans les deux directions principales de vents, à une distance de 0,5 à 1 km: 61±3; 11 dosimètres répartis autour de l'IFR à une distance de 1 km: 54±3; 11 dosimètres dans les agglomérations environnantes de Würenlingen, Stilli, Villigen, Klein-Döttingen, Full, Koblenz, Muri (station de référence), ainsi que près du lac de Klingnau: 56±3.

A deux endroits à l'extérieur de l'aire de l'IFR, sur la route avant le pont conduisant à l'ISN, et près de l'entrepôt de déchets au nord de l'IFR, on a enregistré une augmentation, parfois importante, du débit de dose ambiante. Une valeur accrue de 0,5 à 1 mrem/heure au sud de l'aire de l'IFR est due à des sources d'étalon-

nage; selon les indications de l'IFR, ces sources ne se trouvent que quelques heures par année en position d'irradiation; la dose supplémentaire aux personnes à l'extérieur de la clôture est par conséquent inférieure à 20 mrem/an. Dans une petite zone à l'extérieur de la clôture, près de l'entrepôt de déchets et le terrain de mesure de l'école de radioprotection, des doses ambiantes supérieures à 500 mrem/an ont été observées. Du fait de la courte durée de séjour, les doses aux personnes sont, dans ce cas également, insignifiantes.

A l'ISN, l'accélérateur de particules produit des neutrons rapides qui ne sont pas complètement absorbés dans l'écran. La dose neutronique, mesurée en 6 points au voisinage de l'IFR/ISN, ne s'est pas différenciée significativement de celle de la station de référence (Ennetbaden). La moyenne de toutes les stations s'est élevée à 3,0±0,5 mrem/an.

Les aérosols sont recueillis sur des plaques de vaseline en 5 points au voisinage de l'IFR/ISN; leur radioactivité bêta totale est déterminée mensuellement. Les résultats obtenus en 1978 sont les suivants (en mCi/km^2): IFR nord: 6,3; IFR est: 6,0; IFR sud: 4,4; IFR ouest: 4,6; ISN: 3,9. Au voisinage de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken qui n'était pas encore en service en 1978, on a enregistré 3,9 mCi/km^2. Des aérosols sont en outre recueillis sur filtres à air en un point situé au nord de l'IFR et analysés hebdomadairement en spectrométrie gamma. Les mesures ont révélé les mêmes produits de fission à vies longues dans les mêmes concentrations que dans les filtres de Fribourg et de Niedergösgen. La radioactivité alpha totale des filtres n'a pas présenté non plus de différence significative par rapport aux filtres de Stein/AG (v. 2.1.).

La radioactivité bêta totale des échantillons d'eau de l'Aar prélevés en continu en amont de l'IFR, entre l'IFR et la centrale nucléaire de Beznau et en aval de celle-ci a toujours été inférieure à 5 pCi/litre (mesures hebdomadaires); il en est de même pour les échantillons d'eau souterraine provenant des agglomérations environnantes. La teneur en tritium des échantillons d'eau de l'Aar et d'eau souterraine a varié entre 400 et 750 pCi/litre; aucune différence significative n'a été décelable entre les différents points de prélèvement (en amont de l'IFR, entre l'IFR et la centrale nucléaire de Beznau et en aval de celle-ci).

Mis à part l'iode-131 qui a été détecté dans quelques échantillons de matières en suspension, de plantes aquatiques et de sédiments, les échantillons provenant de l'Aar (en particulier aussi les poissons) ne se sont pas différenciés significativement des échantillons originaires d'autres régions du pays. Les activités en iode-131 constatées dans la composante aquatique ont pu être mises en relation avec des rejets d'iode provenant des stations d'épuration de Zürich-Werdhölzli et d'Aarau. A la hauteur de l'IFR, l'Aar, la Reuss et la Limmat sont encore peu mélangées, si bien que les concentrations d'iode entre la rive gauche et la rive droite sont nettement différentes, proportionnelles aux quantités rejetées à Aarau et à

Zürich [1]. Le mélange n'est complet que dans le lac de Klingnau. Les concentrations d'iode-131 dans l'eau de l'Aar ont cependant toujours été au moins d'un ordre de grandeur inférieures à 200 pCi par litre, valeur qui, selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations, conduirait à une dose équivalente au corps entier de 50 mrem/an au maximum.

3.6. Ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens (CNL)

En 1978, une activité bêta totale de 200 microcurie (correspondant au maximum à 44 µCi équivalents de strontium-90), dans 134 m^3 d'eau au total, a été déversée dans la Broye (débit moyen: 6 m^3/s) par la CNL; l'évacuation de ces eaux résiduaires se fait par l'intermédiaire d'un tank à un débit de 0,7 l/s. Les doses occasionnées par ces rejets, aux personnes qui couvriraient la totalité de leur besoin en eau potable avec de l'eau de la Broye en aval de la CNL, sont insignifiantes.

L'eau d'infiltration qui pénètre dans la caverne est recueillie dans le puisard; les échantillons de cette eau ont présenté les activités volumiques suivantes: 1900 et 3200 pCi/litre de césium-137; 1300 pCi/litre de strontium-90; 800 et 1300 nanocurie/litre de tritium. Cette eau est pompée dans le tank d'évacuation où elle est diluée avec de l'eau provenant de travaux de nettoyage et d'entretien. Les échantillons d'eaux résiduaires prêtes à l'évacuation ont présenté les activités volumiques suivantes: 250 et 710 pCi/litre de césium-137; 100 et 700 pCi/litre de strontium-90; 30 et 350 nCi par litre de tritium.

Les 13 et 14 juin 1978, des mesures de dose et des prélèvements d'échantillons ont été effectués aux environs immédiats de la CNL en collaboration avec la DSN. On a constaté que la dose ambiante le long de la clôture, par suite de rayonnements provenant de l'entrepôt de déchets, était, par endroits, considérablement accrue. Devant l'entrepôt, près de la route d'accès, la dose ambiante supplémentaire maximale mesurée s'est élevée à 500 mrem/an; derrière l'entrepôt (côté mont), à un endroit, il est vrai, difficilement accessible, à l'extérieur de la clôture, on a enregistré une pointe de la dose ambiante supplémentaire de 4000 mrem/an. Sur la base de ces mesures, l'exploitant de l'installation améliorera les écrans de l'entrepôt de déchets, de telle manière que la dose ambiante supplémentaire à l'extérieur de la clôture diminue d'un ordre de grandeur environ. Ces doses ambiantes sont élevées. Elles ne s'étendent, à vrai dire, que sur quelques m^2 à l'extérieur de la clôture, sur un terrain non agricole et en partie difficilement accessible, si bien que les doses possibles aux personnes sont faibles. Aucune augmentation de la dose n'a été décelable en d'autres points aux environs de la CNL, en particulier près de la cheminée d'éva-

---

1) E. Nagel: Belastung der Limmat und der unteren Aare durch Iod-131 aus der Nuklearmedizin. Congrès annuel du Fachverband für Strahlenschutz. Norderney, Allemagne, octobre 1978

cuation des effluents gazeux et près du point de déversement des eaux résiduaires de la CNL dans la Broye. On n'a pas observé non plus d'augmentation de la radioactivité bêta et en tritium dans les échantillons d'eau de la Broye et du ruisseau près de la CNL. Les échantillons de sédiments (y compris la vase) de la Broye et les échantillons de terre (y compris la mousse et l'argile) ont présenté la même teneur en radionucléides naturels et en césium-137 que les échantillons provenant d'autres régions du pays.

4. INDUSTRIES, HÔPITAUX

4.1. Stations d'épuration des eaux usées (STEP) (fig. 8)

Dans le but de contrôler les substances radioactives parvenant dans la biosphère par les eaux usées urbaines, la CFSR mesure régulièrement des échantillons hebdomadaires provenant des stations d'épuration des eaux usées des villes de Lausanne et de Zürich. La moyenne de la radioactivité alpha totale de ces échantillons s'est élevée à 0,7 pCi/litre à Lausanne et 1,0 pCi/litre à Zürich. L'activité en tritium a été de 320, respectivement 620 pCi/litre (à Zürich, pointe de 2950 pCi/litre dans la semaine du 7 au 14 février 1978). La moyenne annuelle de la radioactivité bêta totale (E_β > 0,15 MeV) dans l'eau de la STEP de Lausanne s'est élevée à 8 pCi/litre. Ces concentrations correspondent à celles que l'on rencontre dans la pluie et les rivières. La radioactivité bêta totale de l'eau de la STEP de Zürich a été le plus souvent légèrement accrue (moyenne 50 pCi/litre, maximum 112 pCi/litre, étalonnage avec le potassium-40).

Les analyses gamma hebdomadaires d'eau de la STEP de Zürich-Werdhölzli ont donné une concentration moyenne annuelle de 126 pCi/litre d'iode-131, correspondant à une activité annuelle totale de 11 Ci; cet iode provient des hôpitaux zurichois et arrive à la STEP par la canalisation. Dans l'eau de la STEP, la valeur directrice de 200 pCi/litre d'iode-131, fixée pour l'effluent selon l'ordonnance concernant la protection contre les radiations, a été dépassée pendant 14 semaines (pointe de 320 pCi/l). Des bassins de retenue pour l'iode radioactif doivent être installés dans les hôpitaux zurichois jusqu'à fin 1980, ce qui provoquera une forte diminution de la teneur des eaux usées en iode-131.

L'eau issue de la STEP de Zürich-Werdhölzli a causé une concentration moyenne de 3 à 4 pCi/litre d'iode-131 dans la Limmat. L'utilisation permanente de cette eau comme eau potable aurait occasionné une dose de l'ordre de 6 mrem/an à la glande thyroïde (pour des individus de la population agés de moins de 16 ans, la dose maximale permise est de 1500 mrem/an).

La radioactivité dans l'Aar en aval de Berne est contrôlée par la mesure d'échantillons d'eau prélevée en continu, dans le cadre de la surveillance de la centrale nucléaire de Mühleberg. On n'a jamais constaté de valeurs accrues. On a mesuré d'autre part des

échantillons isolés d'eaux usées de la STEP de Berne-Stuckishaus. La radioactivité bêta totale de ces échantillons a été normale, à l'exception d'un échantillon prélevé le 2.11.78, dans lequel on a enregistré une teneur en iode-131 de 880 pCi/litre. C'est la raison pour laquelle la radioactivité d'échantillons hebdomadaires (prélèvement continu) d'eaux usées de la STEP de Berne-Stuckishaus est mesurée à partir du 1.1.79, comme à Zürich et Lausanne.

4.2. Tritium dans la région de La Chaux-de-Fonds (fig. 9, 10)

Dans la région de la Chaux-de-Fonds, les immissions de tritium dans les précipitations, les eaux usées, les eaux d'infiltration et le Doubs sont surveillées par la CFSR depuis 1972; le tritium provient surtout des ateliers de posage de peintures luminescentes.

Afin de trouver l'origine des concentrations élevées de tritium dans les eaux usées, le Laboratoire cantonal de Neuchâtel installera en 1979 un appareil pour le prélèvement automatique d'échantillons d'eaux usées dans la canalisation de La Chaux-de-Fonds; ce système complètera les prélèvements effectués par la CFSR.

Les moyennes mensuelles du tritium dans les précipitations recueillies aux Anciens Moulins à l'extrémité nord-est de la ville ont varié entre 1000 et 10'000 pCi/litre. La moyenne annuelle s'est élevée à 2000 pCi/l. A la station de référence des Hauts-Geneveys (à 8 km au sud-est de La Chaux-de-Fonds), on a enregistré une teneur moyenne annuelle en tritium de 470 pCi/l, comparable aux valeurs observées dans les précipitations d'autres régions de la Suisse (v. 2.2.).

La teneur moyenne mensuelle en tritium des eaux usées à la sortie de la STEP de La Chaux-de-Fonds a varié entre 50'000 et 240'000 pCi par litre; la moyenne annuelle s'est élevée à 134'000 pCi/litre. Une activité totale en tritium de l'ordre de 1'000 Ci a transité par la STEP en 1978. La consommation permanente d'eau de la STEP comme eau potable aurait occasionné une dose annuelle de 20 mrem. L'eau potable de La Chaux-de-Fonds provient en fait des gorges de l'Areuse et contient une activité en tritium de quelques centaines de pCi/litre, correspondant à la concentration normale dans les eaux superficielles en Suisse.

Une teneur en tritium de 300 pCi/litre a été mesurée dans le Doubs et dans la Ronde - celle-ci reçoit les eaux usées sortant de la STEP - en amont des points d'entrée des eaux d'infiltration provenant de la région de La Chaux-de-Fonds. En aval de cette ville, les échantillons des affluents du Doubs, d'eaux d'infiltration et de la Ronde avant son entrée dans le Doubs ont présenté des activités en tritium variant entre 2000 et 7000 pCi/litre. Dans les échantillons hebdomadaires d'eau du Doubs, prélevés en continu à St-Ursanne, la teneur en tritium a varié entre 500 et 5700 pCi/litre (moyenne annuelle 1900 pCi/litre). Des concentrations supérieures à 3000 pCi/litre ont été enregistrées uniquement durant la période sèche automnale, par un faible débit du Doubs. La quantité de tritium transportée par le Doubs en 1978 s'est élevée à 1200 Ci; 300 Ci environ proviennent de l'activité normale des précipitations. L'activité restante, soit env. 900 Ci de tritium, vient donc de la Chaux-de-Fonds,

conformément aux mesures effectuées à la STEP. L'utilisation de l'eau du Doubs comme eau potable aurait occasionné une dose inférieure à 1 mrem/an.

4.3. Entreprises industrielles particulières

L'entreprise Radium-Chemie AG à Teufen/AR rejette du tritium avec ses effluents gazeux et liquides; le tritium rejeté se dilue dans l'environnement. L'irradiation des personnes du voisinage par inhalation d'air contaminé au tritium est inférieure à 25 mrem/an. Dans le cadre d'un projet de recherche [1], une enquête approfondie a été réalisée depuis 1975 sur la teneur en tritium des précipitations, de l'eau de source et de l'eau du sol (eau interstitielle); les activités en tritium ont varié entre 1000 et 10^6 pCi/litre, suivant la direction du vent et l'éloignement de l'entreprise. La valeur la plus élevée, c.-à-d. 10^6 pCi/litre, a été enregistrée dans un échantillon provenant d'une fontaine située à proximité de l'entreprise. Dans un ruisseau en aval de celle-ci, on a obtenu des valeurs variant entre 20'000 et 50'000 pCi/litre; l'utilisation de cette eau comme eau potable aurait occasionné une dose de 10 mrem/an au maximum. La concentration du tritium à la sortie de la STEP de Teufen a varié entre 2000 et 10'000 pCi/litre. Dans l'eau potable de la Commune de Teufen, elle a été inférieure à 2000 pCi/litre et produit une dose inférieure à 1 mrem/an.

Par suite de travaux antérieurs avec du radium-226 et du strontium-90, il existe encore une contamination du sol par ces radionucléides au voisinage des bâtiments de fabrication; elle est cependant en grande partie localisée sur le terrain de l'entreprise et fixée dans le sol. La dose ambiante accrue qui en résulte à l'extérieur de l'aire de la fabrique est limitée sur un court espace le long de la clôture et s'élève à 450 mrem/an au maximum. Comme personne ne se tient longtemps à cet endroit, la dose aux personnes, qui en résulte, est inférieure à 20 mrem/an. Dans les maisons du voisinage, elle est notablement plus faible. La CFSR recherche, en collaboration avec la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, s'il existe encore d'autres zones contaminées à l'extérieur du terrain de l'entreprise Radium-Chemie AG.

En 1978, l'entreprise Merz & Benteli Nuklear AG à Niederwangen/BE a rejeté dans la canalisation au total 2 Ci de tritium avec les eaux résiduaires; il en a résulté une augmentation moyenne annuelle de 50 pCi/litre de la teneur en tritium de l'eau de la STEP de Berne. La valeur hebdomadaire la plus haute, soit 187 mCi (du 31.1 au 6.2 1978), a élevé de 250 pCi/l la concentration du tritium dans l'eau de la STEP de cette semaine. Du fait de la dilution des eaux usées de la STEP dans l'Aar par un facteur 100, l'augmentation de la teneur en tritium de l'eau de la rivière a été minime. Les personnes,

---

1) M.M. Bezzegh, K. Steiner, U. Ritter et H.L. Le Roy: Tritium in Niederschlägen, Quell- und Bodenwasser in der Region einer Leuchtfarbenfabrik. Gaz-Eaux-Eaux usées, 1979, no 7, 329-336

qui auraient utilisé cette eau comme eau potable, auraient reçu une dose tout à fait insignifiante.

Des teneurs en tritium variant entre 16'000 et 50'000 pCi/litre ont été mesurées dans les eaux résiduaires de l'entreprise Cerberus AG à Männedorf; dans les eaux résiduaires de cette entreprise à Volketswil, la concentration du tritium (400-550 pCi/litre) a été du même ordre que dans la pluie. La teneur en émetteurs alpha de 4 échantillons d'eaux résiduaires de l'entreprise de Volketswil, qui traite de l'américium-241, a varié entre 1,5 et 13 pCi/litre (concentration admissible d'américium-241 dans l'effluent: 300 pCi/litre).

5. RÉSUMÉ: IRRADIATION DE LA POPULATION SUISSE

L'irradiation n'est pas répartie uniformément sur la population. D'une part, l'irradiation naturelle varie en fonction du lieu et de l'altitude, d'autre part, des groupes de population sont soumis différemment au rayonnement ionisant d'origine artificielle. La surveillance des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession est réglée dans l'ordonnance concernant la protection contre les radiations. La détermination des doses à la population dues aux immissions radioactives incombe à la CFSR. Les doses aux patients par l'usage médical des rayonnements ionisants (par ex. le diagnostic aux rayons X) sont soumises à des critères médicaux et ne sont mentionnées dans ce rapport que comme contribution à la dose moyenne de la population. La thérapeutique aux rayons et la médecine nucléaire produisent une dose moyenne à la population d'un ordre de grandeur inférieure à la contribution du diagnostic aux rayons X.

L'irradiation moyenne de la population en 1978 se répartit à peu près en parts égales entre l'irradiation naturelle et les applications médicales; les autres contributions sont considérablement plus faibles. La situation est exposée plus en détail ci-après.

5.1. Irradiation naturelle

La dose ambiante naturelle en Suisse varie entre 50 et 300 mrem/an. Les organes radiobiologiquement les plus sensibles, c.-à-d. la moelle rouge des os et les gonades, reçoivent en moyenne env. 145, respectivement 105 mrem/an (y compris env. 40, respectivement 20 mrem/an dûs aux radionucléides naturels assimilés dans le corps, tels que potassium-40, polonium-210, carbone-14, etc.). La dose aux gonades par irradiation naturelle correspond à la dose génétiquement significative. Celle-ci est l'irradiation moyenne aux gonades pondérée selon le nombre probable d'enfants qui seront engendrés après l'exposition. Ces doses naturelles peuvent servir à porter un jugement sur les doses d'origine artificielle.

5.2. Retombée mondiale due aux explosions nucléaires

La retombée mondiale de produits de fission radioactifs à vies longues issus des explosions nucléaires des années 1961-62 cause encore une dose de 4 à 5 mrem/an, moitié par irradiation externe due au césium-137 déposé sur le sol et moitié par irradiation interne imputable surtout au strontium-90 assimilé dans les os à partir de la nourriture. La dose au corps entier, causée par le carbone-14 issu des explosions nucléaires, est de l'ordre de 0,4 mrem/an. La dose supplémentaire due aux produits de fission à vies moyennes provenant de la bombe chinoise du 17.11.76 et aux produits à vies courtes créés lors des explosions chinoises du 16.3.78 et du 14.12.78 n'a atteint, au total, que 0,1 mrem environ.

5.3. Sources faibles et irradiation naturelle accrue dans des situations particulières

Des sources faibles, telles que cadrans lumineux et appareils de télévision en couleur, ainsi qu'une irradiation naturelle accrue par l'usage du tabac (polonium-210) et les voyages aériens (rayonnement cosmique) provoquent de faibles doses supplémentaires aux personnes concernées. Par exemple, les passagers d'un avion volant entre 10 et 20 km d'altitude sont soumis à une irradiation 40 à 80 fois plus élevée que l'irradiation naturelle au sol. Par la fumée de cigarette, une quantité supplémentaire de produits de filiation à vies courtes du radon-222, gaz rare radioactif naturel, parvient dans les poumons et se répartit dans le corps par le sang. Les personnes fumant 1 paquet de cigarettes par jour reçoivent une dose supplémentaire de 1 à 3 mrem/an.

La dose moyenne à la population due à l'ensemble de ces sources peut être estimée à moins de 1 mrem/an.

5.4. Installations nucléaires

Les émissions radioactives des installations nucléaires (Beznau I et II, Mühleberg, IFR) par les effluents liquides ont produit des doses hypothétiques de 0,1 mrem/an au maximum.

Les immissions dues aux effluents gazeux des installations nucléaires (Beznau I et II, Mühleberg) ont provoqué, dans leur voisinage habité, des doses à peine mesurables de 3 mrem/an au maximum. Cela est vrai aussi pour l'irradiation externe et par inhalation au voisinage de l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs. La dose à la glande thyroïde de bébés, qui n'auraient bu que du lait de vaches paissant au point critique, aurait atteint 20 mrem/an au maximum.

Le rayonnement direct issu des installations nucléaires a produit, en quelques endroits à l'extérieur de la clôture, les doses ambiantes maximales suivantes: 100 mrem/an à la centrale nucléaire de Beznau; 500 mrem/an à Mühleberg, env. 500 mrem/an à l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs; 4200 mrem/an à Lucens. Les endroits à doses ambiantes accrues se trouvent sans exeption dans des zones inhabitées. La dose annuelle supplémentaire aux individus de la population (= débit de dose ambiante x durée de séjour en une année), due au rayonnement direct des installations nucléaires, est toutefois inférieure à 20 mrem/an.

La dose moyenne à la population suisse (y compris les professionnels), imputable à l'énergie nucléaire, a été, en 1978, inférieure à 1 mrem/an, compte tenu de l'irradiation due aux produits de fission à vies longues distribués dans l'atmosphère à l'échelle mondiale (tritium, carbone-14, iode-129 et krypton-85).

5.5. Industries et hôpitaux

Les entreprises industrielles et les hôpitaux rejettent différents radionucléides avec leurs eaux résiduaires (les effluents gazeux ne sont en général pas surveillés). A part le tritium qui, en tant qu'isotope de l'hydrogène, est lié à l'eau, ces impuretés sont en grande partie éliminées lors du traitement de l'eau potable. L'utilisation hypothétique, comme eau potable, de l'eau du Doubs en aval de La Chaux-de-Fonds (le Doubs est la rivière à la plus forte teneur en tritium) aurait occasionné une dose d'env. 0,2 mrem/an. L'eau potable de la ville de La Chaux-de-Fonds provient des gorges de l'Areuse; sa teneur en tritium correspond à celle des autres eaux superficielles en Suisse.

5.6. Personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession

Les 38072 personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession, surveillées par les trois organes de contrôle, ont accumulé en 1978 au total 2433 rem (installations nucléaires: 1325 personnes, 688 rem au total; industrie: 2581 personnes, au total 144 rem par irradiation externe et 293 rem par irradiation interne due au tritium; médecine et recherche: 34166 personnes, 1308 rem au total) [1]. La répartition sur l'ensemble de la population (pour l'évaluation des effets génétiques) donne une dose annuelle de 0,4 mrem/personne.

5.7. Examens diagnostiques aux rayons X et médecine nucléaire

Selon un enquête effectuée en 1971 [2], l'irradiation due aux examens diagnostiques aux rayons X est la suivante: dose génétiquement significative: 42 mrem/an; dose moyenne aux gonades: 80 mrem/an; dose moyenne à la moelle osseuse: env. 120 mrem/an.

Selon une enquête [3] réalisée en 1976, la médecine nucléaire à causé 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.

---

1) Irradiation et dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse durant l'année 1978. Commission fédérale de la protection contre les radiations, Groupe d'experts pour la dosimétrie individuelle

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

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 président de la Confédération, 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 Section de la protection de la santé et de l'environnement de la Division pour la sécurité des installations nucléaires, pour leur aide précieuse et leur éminente 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 1979 /mj

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)
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, H. Völkle)
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, Dr. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler)
SCCI	Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Prof. Dr. A. Donath)