

26e Rapport de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité pour l'année 1982 à l'intention du Conseil fédéral

Objektyp: **Group**

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

Band (Jahr): **26 (1982)**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

26^e RAPPORT DE LA COMMISSION FEDERALE DE SURVEILLANCE DE LA
RADIOACTIVITE POUR L'ANNEE 1982
A L'INTENTION DU CONSEIL FEDERAL

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

1. INTRODUCTION: BUT DE LA SURVEILLANCE, PRESCRIPTIONS

Le danger des rayonnements ionisants pour l'homme a été examiné dans de nombreux pays depuis longtemps et de manière approfondie. Dans ses publications 2 et 9 de 1959 et 1965, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a fixé des limites d'équivalent de dose pour le corps et différents organes des personnes professionnellement exposées aux radiations, de telle manière que les dommages non stochastiques soient évités et que les stochastiques (de nature somatique ou génétique) ne se présentent qu'avec une probabilité suffisamment faible²⁾. Sur cette base, les doses maximales admissibles en cas d'irradiation du corps entier ont été fixées dans l'Ordonnance suisse concernant la protection contre les radiations (OPR) comme suit:

Personnes professionnellement exposées aux radiations:
5000 mrem ³⁾ /an

Individus de la population: 500 mrem/an.

Selon l'art. 107 de l'OPR, les substances radioactives évacuées dans l'atmosphère ne doivent produire en aucun endroit accessible au public des concentrations moyennes annuelles dans l'air pro-

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) La probabilité des effets stochastiques, mais non la gravité du dommage, est proportionnelle à la dose. Dans le cas des effets non-stochastiques, la gravité augmente avec la dose et il existe un seuil au-dessous duquel aucun effet n'est observable. Les dommages somatiques sont ceux qui touchent l'individu irradié lui-même, tandis que les dommages génétiques ne se manifestent que chez les descendants

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

voquant par inhalation plus de 50 mrem/an. De même, les substances radioactives liquides déversées dans des systèmes d'évacuation des eaux usées ne doivent pas provoquer dans l'effluent, en moyenne par semaine, une augmentation de la concentration en substances radioactives produisant plus de 50 mrem/an en cas d'utilisation exclusive de l'effluent comme eau potable.

A l'art. 28 est défini un principe important de la radioprotection: chacun est tenu d'éviter toute irradiation inutile de personnes.

La CIPR a élaboré entre temps de nouvelles recommandations pour l'évaluation et la limitation des doses au corps entier et aux organes (tissus), matière des publications 26 (1977) et 30 (1979-82). Les doses au corps entier des personnes professionnellement exposées aux radiations restent limitées comme précédemment à 5 rem/an; le concept de l'organe critique, c.-à-d. l'organe qui est le plus irradié lors de l'incorporation d'un nucléide déterminé, est cependant abandonné. Un nouveau concept, l'équivalent de dose effectif, est introduit, défini comme la somme pondérée des différentes doses aux organes ¹⁾; cet équivalent de dose effectif correspond à la dose au corps entier au sens de l'OPR lorsque l'organisme entier est irradié de manière uniforme. En plus de la limitation de l'équivalent de dose effectif à 5 rem/an pour les personnes professionnellement exposées aux radiations, aucun organe ne doit recevoir plus de 50 rem/an. Par ses recommandations, la CIPR veut limiter à un minimum acceptable aussi bien les effets somatiques sur l'individu irradié lui-même que les dommages génétiques à ses descendants, et les dommages génétiques et somatiques à la population. Les valeurs directrices pour les incorporations de radionucléides basées sur cette conception, ainsi que les paramètres physiques et biologiques nécessaires aux calculs sont rassemblés dans la publication 30 de la CIPR. La comparaison avec les valeurs directrices correspondantes de l'OPR suisse montre que pour certains radionucléides les limites fixées dans CIPR 30 sont moins sévères, ce qui revient à leur attribuer une radiotoxicité moindre; un petit nombre d'entre eux, au contraire, sont considérés comme plus radiotoxiques. Deux raisons sont à l'origine du relâchement de certaines limites: d'une part, de nouvelles données sur le métabolisme ou de nouveaux calculs donnent des doses plus basses; d'autre part, la nouvelle pondération des différentes doses aux organes conduit souvent à un équivalent de dose effectif plus faible. La comparaison des limites des incorporations annuelles pour les personnes professionnellement exposées aux radiations est présentée ci-après pour quelques radionucléides:

1) Les facteurs de pondération appliqués sont les suivants: gonades: 0,25; seins: 0,15; moelle osseuse rouge: 0,12; poumon: 0,12; thyroïde: 0,03; surfaces osseuses: 0,03; reste de l'organisme: 0,30

Comparaison entre OPR et CIPR 30

Radio-nucléides	T 1/2	1)	Limites d'incorporation annuelle pour les personnes professionnellement exposées aux radiations (Ci/an)			
			Inhalation		Ingestion	
			CIPR 30	OPR	CIPR 30	OPR
H - 3	12,3	ans	$8 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Co- 60	5,3	ans	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Sr- 90	28	ans	$2,7 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$
J -131	8,07	jours	$5,4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Cs-137	30	ans	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Ra-226	1620	ans	$5,4 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Th-232	$1,4 \cdot 10^{10}$	ans	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$8,1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-5}$

Bien qu'en Suisse l'Ordonnance concernant la protection contre les radiations soit toujours applicable, la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR) utilise déjà actuellement aussi les recommandations CIPR 26 et 30 pour évaluer les doses à partir des mesures.

La surveillance des doses aux personnes professionnellement exposées aux radiations est attribuée en Suisse à trois organes de contrôle, à savoir l'Office fédéral de la santé publique (domaine médical et recherche), la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (centrales nucléaires et autres réacteurs) et la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (fabriques). La CFSR s'occupe de la mesure de la radioactivité dans l'environnement; elle évalue sur cette base l'irradiation de la population.

Pour la mise en application des prescriptions légales en vigueur, les organes de contrôle compétents peuvent fixer des limites de rejets pour chaque entreprise produisant ou traitant des matières radioactives. Ceci vaut en particulier pour les centrales nucléaires dont les prescriptions sur les rejets reposent sur une directive commune de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN), de la Commission fédérale pour la sécurité des installations atomiques et de la CFSR.

Le plan de prélèvement d'échantillons et de mesure élaboré par la CFSR permet la surveillance de la retombée radioactive des explosions nucléaires et des immissions radioactives dues aux centrales nucléaires, aux industries traitant des radioisotopes et aux hôpitaux. La surveillance de l'ensemble de la biosphère au moyen d'échantillons et de mesures en séries - air, précipitations, eaux superficielles, souterraines et usées, sol, herbe, aliments et l'homme lui-même - donne une image complète de la radioactivité dans l'environnement et permet une estimation des doses qui en résultent pour la population.

 1) T 1/2: période, intervalle de temps pendant lequel la radioactivité d'une substance décroît de moitié

2. SURVEILLANCE GÉNÉRALE

2.1.1. Radioactivité artificielle de l'air

La radioactivité artificielle associée aux aérosols, provenant des essais nucléaires, a été très faible en 1982. La dernière explosion nucléaire dans l'atmosphère a eu lieu en Chine le 16 octobre 1980. Les produits de fission de cette bombe sont parvenus en grande partie déjà en 1981 dans les couches inférieures de l'atmosphère. Après l'échange printanier des mois de mars à mai 1982, nous avons détecté de faibles activités de l'ordre de 1 à 2 fCi/m³ d'air ¹⁾; à la fin de l'année, cette infime augmentation n'était plus mesurable (tabl. 1). La dose correspondante au poumon a été inférieure à 0,1 mrem/an.

Les activités d'argon-37 (T 1/2 = 35 jours) dans l'air mesurées en 1982 ont varié comme l'année précédente entre 35 et 1400 fCi/m³. Elles proviennent en grande partie de sources artificielles, telles que les explosions nucléaires souterraines et l'industrie nucléaire. Il y a d'autres radioisotopes artificiels à vies longues dispersés dans l'air à l'échelle mondiale: le tritium (T 1/2 = 12 ans), le krypton-85 (T 1/2 = 10,3 ans) et l'iode-129 (T 1/2 = 1,7·10⁷ ans); ils sont issus d'explosions nucléaires passées et aussi de l'industrie nucléaire. La dose totale causée par ces radioisotopes est également inférieure à 0,1 mrem/an.

2.1.2. Radionucléides naturels à vies courtes dans l'air

La plus grande partie de la radioactivité naturelle à vie courte de l'air proche du sol provient de l'émetteur alpha radon-222 (T 1/2 = 3,8 jours), un nucléide de la série de désintégration de l'uranium-radium (tabl. 2), et de ses produits de filiation à vies courtes. Son activité dépend de la saison et des conditions météorologiques; elle va de quelques pCi/m³ à quelques centaines de pCi/m³, en moyenne 100 à 200 pCi/m³. Le radon-220 (T 1/2 = 53 secondes) issu de la série du thorium et ses produits de filiation à vies courtes présentent des activités d'un ordre de grandeur inférieures en moyenne.

2.1.3. Radionucléides naturels à vies longues dans l'air

Les deux radionucléides naturels à vies longues contenus dans l'air proche du sol, le plomb-210 et le polonium-210 (produits de filiation du radon-222), peuvent être mesurés sur des filtres à air prélevés mensuellement. Pour le plomb-210 (émetteur bêta, (T 1/2 = 22,3 ans), on a enregistré en 1982 16 fCi/m³ d'air en moyenne annuelle; les valeurs mensuelles ont fluctué entre 8 et 34 fCi/m³. La mesure de l'activité alpha totale nécessite la calcination des filtres. La mesure de la cendre a donné 3 fCi/m³ en moyenne annuelle; la plus grande partie de cette activité provient du polonium-210 (T 1/2 = 138 jours). Les valeurs concordent avec

1) 1 fCi (femtocurie) = 1/1000 pCi (picocurie) = 3,2 désintégrations nucléaires par jour

celles de l'UNSCEAR (1982) ¹⁾ qui donne pour les latitudes moyennes de l'hémisphère nord 14 fCi/m³ de plomb-210 et 3,3 fCi/m³ de polonium-210. L'activité du polonium-210 dans l'air est inférieure à celle de son ascendant le plomb-210, car celui-ci se dépose partiellement au sol avant la désintégration. Si la cendre du filtre est mesurée une nouvelle fois une année après la calcination, le polonium-210, qui a crû entre temps par suite de la désintégration du plomb-210, présente la même activité que son ascendant.

Le béryllium-7 (T_{1/2} = 53 jours) est créé par le rayonnement cosmique et s'associe également à des aérosols; les mesures gamma des filtres à air 1982 ont révélé une teneur moyenne en béryllium-7 de 90 fCi/m³, ce qui produit des doses négligeables.

Le carbone dans l'air et les jeunes plantes contient par gramme environ 6 pCi du radioisotope naturel carbone-14 (T_{1/2} = 5730 ans) créé par le rayonnement cosmique. Les valeurs obtenues sur des échantillons de feuilles d'arbres (v. chap. 3.3.5.) se situent actuellement environ 25% au-dessus du niveau naturel. Cette composante provient en grande partie encore des essais nucléaires dans l'atmosphère et occasionne présentement une dose de l'ordre de 0,3 mrem/an.

2.1.4. Irradiation due au radon et à ses produits de filiation

A l'irradiation externe due au rayonnement cosmique et à la radioactivité naturelle de la croûte terrestre, et à l'irradiation interne par les radionucléides assimilés dans le corps s'ajoute une irradiation interne supplémentaire par le radon-222 et ses nucléides de filiation. Le radon-222 est pour sa part un descendant du radium-226 de la série naturelle de désintégration de l'uranium, présent dans la terre et dans certains matériaux de construction. En tant que gaz rare avec une période radioactive de 3,8 jours, le radon s'échappe partiellement dans l'atmosphère et se désintègre en une série de nucléides radioactifs de filiation (émetteurs alpha, bêta et gamma) qui s'associent à des aérosols. Par la respiration, ces aérosols se déposent partiellement dans les bronchioles et le tissu pulmonaire. La désintégration alpha des nucléides de filiation tels que le polonium-218 et le polonium-214 provoque une irradiation des organes respiratoires.

Au contraire du radon, les descendants de celui-ci se déposent partiellement sur le sol, à l'intérieur des maisons également sur les parois, ce qui provoque un certain appauvrissement des nucléides de filiation par rapport au radon.

La CFSR avait déjà mentionné antérieurement l'irradiation par le radon (v. rapport annuel 1972, p. 233, et rapport annuel 1981, p. 53); mais elle s'était référée à la concentration du radon en plein air. Des mesures de radon ont pu être effectuées à l'intérieur des bâtiments dès que des procédés appropriés ont été dispo-

1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, United Nations, New York, 1982

nibles. Dans le passé, la CFSR n'avait pas pris en compte les doses dues à la teneur accrue en radon à l'intérieur des bâtiments.

Dans les résumés des rapports de la CFSR ont été données, à propos de l'irradiation moyenne due à différentes sources en Suisse, les doses à la moelle osseuse rouge et aux gonades ou les doses au corps entier. Le radon et ses produits de filiation ne produisent par contre qu'une dose aux organes respiratoires, qui, sur la base de l'OPR, ne peut pas être convertie en une dose au corps entier. Ceci n'a été possible qu'à partir de la nouvelle conception CIPR 26. Aucune dose au corps entier due au radon ne figure donc dans les rapports antérieurs de la CFSR.

2.1.5. Radon dans les habitations en Suisse

A l'intérieur des bâtiments, la concentration du radon et par conséquent l'irradiation due au radon et à ses produits de filiation peuvent être notablement plus élevées qu'en plein air. D'une part, le radon provenant principalement du sol parvient par la cave dans les locaux d'habitation et s'y accumule, surtout dans les pièces bien calfeutrées. D'autre part, certains matériaux de construction contiennent du radium et le radon qui est formé s'échappe partiellement dans l'air.

L'irradiation due au radon dans les habitations a été d'actualité ces dernières années et on a commencé aux Etats-Unis et en Europe, à l'occasion de mesures d'économie d'énergie (isolation des bâtiments), à effectuer des recherches sur le radon dans les bâtiments et dans les matériaux de construction. Ceci a eu pour effet une amélioration importante de la technique de mesure du radon et le développement d'appareils de mesure commerciaux très sensibles.

La Division du contrôle des radiations de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs (IFR) a effectué en 1981/82, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, une étude préliminaire sur le radon dans les habitations en Suisse (surtout dans des maisons familiales). Au semestre d'hiver 1981/82, des dosimètres passifs à radon ont été placés dans 123 maisons d'habitation dans des régions choisies de Suisse (3 par maison, le plus souvent à la cave, au salon et dans une chambre à coucher); ils ont été évalués en été 1982 à l'IFR.

Les mesures ont donné des concentrations en radon variant entre 400 et 100'000 pCi/m³, avec une forte prédominance entre 500 et 2000 pCi/m³; la moyenne se situe vers 1500 pCi/m³. De fortes différences régionales sont apparues, dues aux différentes formations géologiques du sol. Un effet d'étage a également été observé; la concentration en radon diminue lorsque la hauteur au dessus du sol augmente. Les différences locales peuvent être très grandes ¹⁾.

Les mesures de radon peuvent être traduites en doses (équivalents de dose effectifs) d'après l'UNSCEAR (1982). On admet à cet effet

1) H. Brunner, W. Burkart, E. Nagel, C. Wernli: Radon in Wohnräumen in der Schweiz
- Ergebnisse der Vorstudie 1981/82, rapport IFR TM-81-82-11, 22.12.82

un facteur d'équilibre de 0,5 dans les habitations et de 0,6 en plein air pour les nucléides de filiation par rapport à la teneur en radon de l'air. Concernant l'occupation d'une personne et les taux correspondants de respiration, nous avons fait les hypothèses suivantes:

	Durée de séjour	Activité	Taux de respiration	Quantité d'air respiré
A l'intérieur de la maison	5,5 h/jour	Travail	1,2 m ³ /h	6,6 m ³ /jour
	5,5 h/jour	Activité légère	0,75 m ³ /h	4,1 m ³ /jour
	8 h/jour	Sommeil	0,45 m ³ /h	3,6 m ³ /jour
Total:	19 h/jour	env. 15 m ³ /jour		
En plein air	2 h/jour	Travail	1,2 m ³ /h	2,4 m ³ /jour
	3 h/jour	Activité légère	0,75 m ³ /h	2,3 m ³ /jour
Total:	5 h/jour	env. 5 m ³ /jour		

Dans ces conditions, 1500 pCi/m³ de radon-222 dans les habitations (19 h) produisent selon les hypothèses de l'UNSCEAR (1982) une dose de 1300 mrem/an au poumon; la concentration naturelle du radon en plein air, qui varie entre 100 et 200 pCi/m³, provoque une dose de l'ordre de 80 mrem/an au poumon, pour un séjour de 5 heures par jour en plein air. Converties en équivalents de dose effectifs, ces doses au poumon correspondent à env. 150 mrem/an dans les habitations et à env. 10 mrem/an en plein air.

Le radon et ses produits de filiation provoquent principalement une irradiation des organes respiratoires; la dose génétique est négligeable. Les statistiques sur les cancers du poumon chez les mineurs montrent que de hautes concentrations en radon dans l'air respiré peuvent déclencher un cancer ¹⁾. On ne sait cependant pas avec certitude dans quelle mesure il est possible, sur la base de ces données, d'estimer le risque de cancer correspondant aux concentrations de radon mesurées dans les habitations, qui sont en comparaison considérablement plus basses. De telles estimations reposent exclusivement sur des extrapolations des hautes doses vers les basses doses, car il n'existe aucune statistique dans ce domaine de faibles concentrations. D'autre part, les cancers du poumon ne sont pas dûs uniquement au radon, mais peuvent résulter d'autres causes ou éléments nocifs (par exemple le fait de fumer).

La concentration moyenne du radon dans les locaux d'habitation des maisons examinées par l'IFR, soit 1500 pCi/m³ (évaluation pro-

 1) Voir: W. Burkart: Assessment of Radiation Dose and Effects from Radon and its Progeny in Energy efficient Homes, Nucl. Techn., Vol. 60, 1983, p. 114-123

visoire), donne donc, si l'on considère le temps passé à l'intérieur des maisons, un équivalent de dose effectif de 150 mrem/an 1). Si l'on prend en compte également la dose due au radon en plein air, env. 10 mrem/an, on obtient un équivalent de dose effectif par le radon et ses produits de filiation d'env. 160 mrem/an. Cette dose est à comparer à l'irradiation naturelle moyenne restante, de l'ordre de 125 mrem/an. Le radon et ses descendants constituent par conséquent la plus grande composante de l'irradiation naturelle en Suisse; ils n'occasionnent cependant pas d'effets génétiques.

Les doses dues au radon et à ses descendants, rapportées ici, sont basées exclusivement sur les mesures de radon effectuées par l'IFR, principalement dans des maisons familiales. Elles ne peuvent par conséquent pas être considérées comme moyennes représentatives pour la population suisse; d'autres mesures sont à cet effet nécessaires.

Bien qu'il ne soit pas nécessaire de prendre préalablement une quelconque mesure, le problème du radon en Suisse devrait néanmoins être examiné méthodiquement et complètement. La CFSR collabore avec l'IFR et d'autres services à ces recherches.

2.2. Précipitations

Le pluviomètre des Hauts-Geneveys a dû être déplacé. Il se trouve depuis janvier 1982 à Cernier, à environ 3 km de l'emplacement précédent, sur le même versant. La continuité des mesures de cette station, qui sert en même temps de station de référence pour les mesures de tritium dans les précipitations de La Chaux-de-Fonds, est ainsi assurée.

Les moyennes mensuelles de l'activité bêta totale des échantillons de précipitations de 7 stations de prélèvement ont varié entre 1 et 5 pCi/l (tabl. 3). Cette activité provient en grande partie des descendants à vies longues du radon-222.

L'activité déposée sous forme de poussière à Locarno (0,4 mCi/km²) est aussi constituée essentiellement de radionucléides naturels.

La plupart des valeurs mensuelles de la teneur en tritium des précipitations, ainsi que la moyenne annuelle à toutes les stations non influencées par des entreprises, ont été en 1982 inférieures à 200 pCi/l. La moyenne annuelle dans les précipitations de Berne, 190 pCi/l (1981: 400 pCi/l), n'est pas très différente des autres stations.

1) Les premières estimations de dose de l'IFR se basent sur un facteur de dose de 80 mrem/an pour 1000 pCi/m³ et donnent des doses plus basses. L'UNSCEAR (1982) et l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) ont proposé entre temps 109 mrem/an pour 1000 pCi/m³. Comme il s'agit dans ce dernier cas d'une estimation plutôt prudente donnant une limite supérieure de l'équivalent de dose effectif présumé, la CFSR applique la valeur arrondie de 100 mrem/an pour 1000 pCi/m³ de radon

Les mesures de tritium dans les précipitations de La Chaux-de-Fonds et au voisinage d'entreprises fabriquant des peintures luminescentes sont traitées au chapitre 4.

2.3. Eaux superficielles

Dans les échantillons mensuels d'eau du Rhin à Rekingen/AG et à Village-Neuf en aval de Bâle, du Rhône à Porte du Scex/VS et à Chancy/GE, du Tessin à Riazzino et du Doubs à St-Ursanne, l'activité alpha totale a été inférieure à 2 pCi/l et l'activité bêta totale ($E_{\beta} > 150$ keV) inférieure à 10 pCi/l. Les échantillons de juillet du Rhône ont été les seules exceptions (Porte du Scex: alpha: 7,5 pCi/l, bêta: 20 pCi/l; Chancy: alpha: 3 pCi/l, bêta: 15 pCi/l). Ces échantillons d'eau présentaient un fort résidu de filtration contenant, d'après l'analyse gamma, des radionucléides naturels tels que le potassium-40 et le radium-226 avec ses descendants. L'activité bêta totale a été mesurée également dans des échantillons d'eau du Rhin à Schmitter/SG, de la Tresa à Ponte Tresa/TI et de l'Inn à Martina/GR. Elle a toujours été inférieure à 10 pCi/l.

Les concentrations moyennes annuelles en tritium des échantillons cumulatifs hebdomadaires ou mensuels ont été les suivantes: Aar en amont de la centrale nucléaire de Mühleberg: 270 pCi/l; Rhin à Schmitter: 160 pCi/l, à Rekingen: 230 pCi/l, à Village-Neuf: 270 pCi/l; Rhône à Porte du Scex: 120 pCi/l, à Chancy: 210 pCi/l; Tessin à Riazzino: 130 pCi/l. Dans des échantillons isolés prélevés dans l'Aar en amont et en aval des installations nucléaires, nous avons enregistré des teneurs en tritium comprises entre 100 et 400 pCi/l, donc aucune différence significative par rapport aux autres endroits. Comparativement à 1981, nous constatons, comme dans les précipitations, une légère diminution de la teneur en tritium des eaux fluviales.

Uniquement dans le Doubs à St-Ursanne, nous avons enregistré partiellement une activité en tritium quelque peu accrue dans les échantillons hebdomadaires: 280 à 2200 pCi/l (1981: 420 à 2300 pCi/l). L'utilisation de cette eau comme eau potable aurait entraîné des doses négligeables.

2.4. Terre et herbe

En 1982, les mesures de terre au voisinage de la centrale nucléaire de Beznau (CNB) et de l'IFR ont été reprises. Les activités en strontium-90 et en césium-137 de la terre des différents points de prélèvement ont présenté les variations habituelles (tabl. 4), nous n'avons constaté aucune différence systématique par rapport aux années précédentes. De nouveau, la couche supérieure de la terre de Davos-Stillberg contient une activité en strontium-90 et en césium-137 environ 10 fois plus élevée que dans les autres échantillons.

En 1982, la teneur en césium-137 de l'herbe a diminué par rapport à l'année précédente. Comme en 1980, alors que l'activité en cé-

sium-137 de l'air était également très faible, l'activité de l'herbe en 1982 a été de l'ordre de la limite de détection, soit environ 20 pCi/kg matière sèche (MS). L'activité en strontium-90 de l'herbe n'a pas changé par rapport aux années précédentes. Comme jusqu'ici, les teneurs en césium-137 et en strontium-90 les plus élevées ont été mesurées à Davos-Stillberg.

Dans quelques échantillons de terre, nous avons observé des traces de nucléides à vies longues, tels que: cérium-144 ($T_{1/2} = 284$ jours), antimoine-125 ($T_{1/2} = 2$ ans), cobalt-60 ($T_{1/2} = 5,3$ ans) et manganèse-54 ($T_{1/2} = 312$ jours). Des activités en cérium-144 de l'ordre de 100 pCi/kg MS ont été enregistrées dans des échantillons isolés d'herbe; du point de vue de la radioprotection, ces activités sont insignifiantes.

L'activité en césium-137 contenue dans le sol provoque à 1 m de hauteur une dose ambiante de 1 à 2 mrem/an.

2.5. Lait, céréales et autres denrées alimentaires

Ces aliments sont contrôlés par échantillonnage en étroite collaboration avec la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRDA).

A l'exception de quelques cas, l'activité en césium-137 du lait des stations de plaine a été inférieure à la limite de détection de l'ordre de 5 pCi/l (dans tous les cas moins de 10 pCi/l). Seuls les échantillons de lait de Davos (60 pCi/l de césium-137) et le lait de Mürren analysé pour la première fois en spectroscopie gamma (9 à 25 pCi/l de césium-137) ont présenté une teneur en césium-137 quelque peu accrue; dans le cas de Davos, les valeurs ont été du même ordre que ces dernières années. Il en est de même pour la teneur en strontium-90 du lait: 2 à 7 pCi/l sur le Plateau (1981: 3 à 4 pCi/l), 25 pCi/l en moyenne à Mürren (1981: 20 pCi/l) et 40 pCi/l à Davos (1981: 45 pCi/l).

Nous mesurons la teneur en césium-137 du froment provenant de plusieurs régions au nord des Alpes, du Tessin et des environs des centrales nucléaires; pour la moisson 1982, elle a été inférieure à la limite de détection (c.-à-d. < 10 pCi/kg). Les analyses de strontium-90 de ces échantillons ont donné en moyenne 20 ± 5 pCi/kg.

Des analyses isolées de légumes et fruits indigènes et importés n'ont par révélé d'activité accrue en strontium-90 et en césium-137.

En ce qui concerne la radioactivité, toutes les denrées alimentaires examinées ont été irréprochables pour la consommation.

2.6. Corps humain

Comme les années précédentes, le Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI) à Genève a mesuré à l'anthropogammamètre 20 jeunes gens et 21 jeunes filles de 17 à 19 ans, élèves d'une éco-

le moyenne. Nous avons enregistré en moyenne 17 pCi césium-137/kg poids du corps chez les hommes et 18 pCi/kg chez les femmes. Il en résulte une dose annuelle au corps entier de 0,2 mrem. Comparativement, les concentrations moyennes en potassium-40, soit 2000 pCi/kg chez les hommes et 1600 pCi/kg chez les femmes, occasionnent une dose de 18, respectivement 15 mrem/an au corps entier.

La détermination du strontium-90 dans les vertèbres de 15 adultes de la région lausannoise a donné en 1982 un rapport moyen converti pour le squelette de 0,7 pCi strontium-90/g calcium. Cette valeur est pratiquement constante depuis 1975 et correspond à une irradiation annuelle des organes générateurs du sang de l'ordre de 2 mrem.

3. INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

(en collaboration avec la Division principale de la sécurité des installations nucléaires, DSN)

3.1. Aperçu

Les centrales nucléaires (CN) rejettent, aussi en fonctionnement normal, des matières radioactives dans l'environnement. Ce sont des gaz rares, des aérosols, des isotopes de l'iode (sous forme gazeuse ou associés 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 radioactifs, 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 qui séjournent au voisinage d'une installation. Elles peuvent en outre 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/an due aux immissions de la centrale.

L'exploitant d'une installation a l'obligation de mesurer de manière continue les émissions radioactives et d'en faire le bilan. La DSN contrôle les données de l'exploitant en procédant elle-même à des mesures par échantillonnage et en inspectant ses appareils de mesure, ses enregistrements et ses notes. Les labora-

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

toires de la DSN et de la CFSR contrôlent en outre les résultats de mesure de l'exploitant par des mesures parallèles.

Un rayonnement direct éventuel provenant d'une installation (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 causer en aucun lieu accessible, situé hors du terrain clôturé, un débit de dose ambiante supérieur à 10 mrem/semaine. Le rayonnement direct se limite à une zone restreinte 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 des émissions ¹⁾ et calculer l'irradiation due aux rejets d'une installation, 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 en outre des connaissances sur la situation météorologique et topographique au site de l'installation nucléaire, l'exploitation du sol, la structure de peuplement et 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 (voir rapport: Radioactivité en Suisse, 25 ans de surveillance, CFSR, 1982). Le calcul des doses pour des radionucléides isolés ou des mélanges de radionucléides à partir des activités mesurées ou calculées dans l'air, l'eau et la nourriture se fait à l'aide des facteurs convertissant l'incorporation annuelle en une dose au corps entier ou à un organe, contenus dans l'Ordonnance concernant la protection contre les radiations (OPR). Ces estimations de dose doivent tenir compte autant que possible des conditions réelles. Ceci n'est cependant pas possible en tous points. Nous adoptons par conséquent pour certains paramètres des valeurs défavorables donnant des doses élevées aux personnes; de telles estimations sont prudentes.

Le contrôle des émissions à la CN est complété par la surveillance de l'environnement (surveillance des immissions). Celle-ci constitue un contrôle du calcul des doses causées à la population par les rejets. La surveillance de l'environnement comprend la mesure de la dose ambiante en plusieurs points et de la radioac-

1) Ces limites peuvent en tout temps être adaptées à de nouvelles conditions ou connaissances

tivité de tous les maillons importants des voies d'irradiation, partiellement en continu, partiellement par échantillonnage, selon un programme de mesure et de prélèvement d'échantillons spécifique à chaque installation. Ce programme englobe 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 lui-même sont contrôlées par sondage par des mesures de la CFSR. La surveillance de l'environnement, il est vrai, ne peut pas être complète; néanmoins, même si nous nous limitons aux voies d'irradiation les plus importantes, à quelques points bien situés pour les prélèvements d'échantillons et mesures en continu, complétés par des échantillons de matières dans lesquelles une accumulation a lieu (sol, plantes, nourriture, sédiments, plantes aquatiques, poissons), nous pouvons garantir une surveillance à laquelle aucune pollution inadmissible due à l'installation ne peut échapper.

A partir des mesures des émissions, en liaison avec les calculs de dispersion et de dose, et des résultats de la surveillance de l'environnement, nous pouvons évaluer les doses aux personnes de la population environnante 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, l'ensemble du programme de surveillance de l'environnement est commencé déjà quelques années avant la mise en service dans le cadre du constat radiologique (voir rapports sur les mesures pour le constat au voisinage des CN de Leibstadt et de Gösgen). A la CN de Leibstadt (CNLE), les premières mesures pour le constat ont été effectuées en été 1979; la mise en service de la centrale est prévue en 1984. 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 décidés d'un commun accord avec le Ministère du travail, de la santé et des affaires sociales de l'état de Baden-Württemberg à Stuttgart et l'Institut de protection de l'environnement à Karlsruhe. Les résultats des mesures sont échangés et discutés. Dans le cadre de la Commission germano-suisse pour la sécurité des installations nucléaires, il existe à cet effet des contacts permanents.

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 5. En 1982, les rejets annuels et les doses qui en résultent dans l'environnement ont été bien inférieurs aux limites. Dans un seul cas, à

la CNB II, la limite hebdomadaire pour les rejets d'iode a été juste atteinte.

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 6 et 7. Les résultats des mesures parallèles effectuées par la DSN et la CFSR en 1982 ont montré une concordance satisfaisante avec les mesures faites par les installations. En ce qui concerne les échantillons d'eaux résiduaires, l'accord a été meilleur pour les produits de fission bien solubles (césium, iode, etc.) que pour les produits d'activation difficilement solubles (manganèse, cobalt, zinc, etc.); ce fait a déjà été observé les années précédentes et est imputable au changement de géométrie de mesure, consécutif au dépôt dans les récipients (tabl. 8 à 10).

D'après les obligations relatives à la limitation des rejets, stipulées dans les autorisations d'exploitation, l'activité volumique dans le tank, lors du rejet, ne doit pas dépasser $10 C_w$ ¹⁾ (CNB, CNM, CNLU et chambre de contrôle de l'IFR)²⁾, respectivement $5 C_w$ (CNG). Les échantillons prélevés dans les tanks de rejet ont présenté les concentrations maximales suivantes: CNB: $5 C_w$, CNG: $0,001 C_w$, CNM: $5 C_w$, IFR: $0,001 C_w$. La concentration dans les 12 échantillons mélangés mensuels provenant des tanks d'eaux résiduaires a toujours été inférieure à $2 C_w$ pour la CNM et inférieure à $0,001 C_w$ pour la CNG. Une concentration maximale de $0,01 C_w$ (césium-137: 260 pCi/l, strontium-90: 100 pCi/l, tritium: $0,25 \mu\text{Ci/l}$) a été enregistrée dans les échantillons d'eaux résiduaires de la CNLU.

D'après les indications de la DSN, aucune activité sous forme liquide n'a été rejetée par les réacteurs de recherche de l'EPF Lausanne et des universités de Bâle et de Genève.

Outre les échantillons d'eaux résiduaires, la DSN et la CFSR ont prélevé dans les CN pour analyse également des échantillons de gaz d'échappement, de filtres à aérosols et, à la CNG, de cartouches au charbon actif (pour la détermination des rejets d'iode). A la CNM, les rejets d'aérosols radioactifs à vies courtes sont contrôlés au moyen d'un appareil automatique à filtre à avancement par pas. L'analyse gamma subséquente de rouleaux entiers de

-
- 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 recherches 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 (arrêtée)

filtre (durée de prélèvement env. 70 jours) permet de déterminer aussi la faible composante des radionucléides 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 d'activité à vie courte. A l'exception du cas décrit ci-après, les rejets avec les effluents gazeux ont été bien inférieurs aux limites prescrites dans l'autorisation d'exploitation (tabl. 11 et 12).

Dans la seconde moitié d'août, lors de travaux de révision à la CNB II (réacteur arrêté), un rejet accru d'iode a eu lieu par suite d'une concentration supérieure d'iode dans l'eau primaire, due à une gaine défectueuse d'un élément de combustible. Dans la 4^{ème} semaine d'août, 25 mCi d'iode-131 ont été rejetés; la limite hebdomadaire de rejet a été ainsi juste atteinte (3^{ème} semaine: 18 mCi d'iode-131). Des dispositions techniques ont été prises à la CNB pour éviter de tels cas. Les échantillons d'herbe prélevés pendant ce temps par la DSN et l'IFR aux points critiques au nord et au sud de la CNB ont donné 70+30 pCi/kg d'iode-131; l'activité en iode-131 d'un échantillon mélangé de lait a été inférieure à 2 pCi/l. La dose occasionnée à la glande thyroïde a été inférieure à 1 mrem. Des calculs effectués sur la base d'un modèle faisant intervenir des valeurs prudentes pour certains paramètres ont donné, pour les rejets qui ont eu lieu dans la deuxième moitié d'août, une dose de l'ordre de 20 mrem à la glande thyroïde d'un bébé.

3.3. Surveillance au voisinage des installations nucléaires

3.3.1. Dose ambiante

Les doses ambiantes au voisinage des installations nucléaires sont contrôlées 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 installation, la CFSR a installé ses propres TLD en plus de ceux de l'exploitant. Les doses ambiantes obtenues à l'aide des TLD en 1982 sont rapportées au tableau 13.

Comme le montre ce tableau, les résultats obtenus par la CFSR concordent maintenant, après contrôle de l'étalonnage, en tenant compte de la marge d'erreur, avec ceux que l'exploitant obtient aux mêmes points.

Les mesures montrent des différences de dose ambiante d'un site à l'autre de centrale nucléaire jusqu'à 30% (moyenne au voisinage de CNB/IFR: 70 mrem/an, au voisinage de la CNM: 90 mrem/an). Des différences locales de dose ambiante jusqu'à 35 mrem/an se présentent également au voisinage de chacune des centrales. 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 et ses variations temporelles dépendent en outre de facteurs météorologiques. Comme l'évolution du débit de la dose naturelle est à peu près la même pour tous les points de

mesure au voisinage d'un réacteur, une méthode appropriée d'évaluation permet, en tenant compte des variations locales de la dose ambiante naturelle, de découvrir une éventuelle contribution au débit de dose, due aux rejets de la CN. Cette méthode permet de détecter des doses supplémentaires de quelques mrem par an, causées par les rejets d'une CN. Aucune dose supplémentaire n'a été constatée en 1982.

En plus de la surveillance au moyen de TLD, des mesures de la dose ambiante ont été effectuées avec des chambres à ionisation à haute pression, aussi bien de courtes mesures (quelques minutes) en 30 à 40 points que des enregistrements continus sur de plus longues périodes (fig. 3 et 4); en 1982, nous avons obtenus les résultats suivants (convertis en doses annuelles, en mrem/an):

Mesures courtes (quelques minutes)

Voisinage	Date	Nombre de points	Domaine de dispersion des résultats	Moyenne 2)
CNLE (réacteur en construction)	23.7.82	32	56- 85	74 ₊₇
CNG	21.7.82	37	62- 84	73 ₊₅
CNM 1)	19/20.7.82	47	70-106	83 ₊₈

Enregistrements continus

Centrale	Emplacement	Durée de mesure	Dose ambiante ²⁾	TLD au voisinage de ces points 2)
CNM	Poste de couplage des FMB (800m ENE)	12 mois	90 ₊₉	93 ₊₉
CNB	Centrale hydroélectrique de Beznau (800m NE)	6 mois	77 ₊₈	68 ₊₇
CNG	Poste de couplage de 200 kV (800m ENE)	12 mois	78 ₊₈	70 ₊₇
CNLE	Station de pompage de Full	10 mois	79 ₊₈	69 ₊₇

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

2) Indication d'erreur: écart-type

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

Doses ambiantes accrues causées par le rayonnement direct

Aux installations nucléaires CNB, CNM, IFR et CNLU, nous avons constaté à l'extérieur de la clôture, à proximité immédiate de celle-ci, un débit de dose ambiante supplémentaire dû au rayonnement direct. En 1982, 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.

A la CNG, tous les 10 dosimètres placés le long de la clôture ont donné des doses ambiantes comprises entre 56 et 62 mrem/an correspondant au fond naturel. La CNLE n'était pas encore en service en 1982.

A la CNM, le rayonnement direct provenant du bâtiment des machines, dû au rayonnement gamma dur de l'azote-16 ($T_{1/2} = 7$ sec.) formé dans le circuit primaire, produit une dose ambiante accrue le long de la clôture, surtout au sud et à l'est de ce bâtiment. Le maximum net à la clôture au sud du bâtiment des machines atteint environ 400 mrem/an. Comme le débit de dose décroît rapidement avec la distance et que de tierces personnes ne se tiennent que peu de temps dans la zone d'influence de ce rayonnement, les doses éventuelles aux personnes par ce rayonnement direct sont insignifiantes. La dose ambiante maximale sur le chemin forestier à Runtigenrain (env. 200m au sud de la CNM) s'élève à 150 mrem/an (fond naturel inclus); elle est de 102 mrem/an près de la maison de week-end située sur la rive droite de l'Aar (fond naturel: 80 à 100 mrem/an).

A l'extérieur du terrain clôturé de l'IFR, à proximité immédiate, des doses ambiantes jusqu'à 350 mrem/an (fond naturel inclus; dues à l'installation d'irradiation, au terrain d'exercice de l'école de radioprotection, à la station d'incinération, à l'entrepôt de déchets) ont été enregistrées (voir rapport annuel 1979, p. 59).

Les TLD placés le long de la clôture de la CNB afin d'enregistrer le rayonnement direct ont donné dans le secteur SE-SO-NO des doses annuelles comprises entre 69 et 82 mrem/an (fond naturel inclus). Deux dosimètres à la clôture nord ont donné 111 et 143 mrem/an, trois autres le long de la clôture est et une à l'entrée de l'enceinte 246, 210, 146 et 91 mrem/an. De tierces personnes ne se tiennent que peu de temps en ces endroits et n'accumulent que de faibles doses (fond naturel: 60 à 75 mrem/an).

3.3.2. Aérosols et précipitations

La radioactivité des aérosols au voisinage des installations nucléaires est surveillée par rétention sur des plaques de vaseline et mesure mensuelle de l'activité bêta totale. Comme dans les précipitations, nous avons enregistré en 1982 (voir fig. 5) une légère baisse par rapport à l'année précédente, consécutive à la diminution de la retombée radioactive des bombes nucléaires. En

un seul point au nord de l'IFR, nous avons obtenu parfois des valeurs accrues résultant de l'exploitation de la station d'incinération des déchets radioactifs.

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. Ici aussi, nous enregistrons une baisse par rapport à 1981, consécutive à la diminution de l'activité des retombées.

A la station de l'IFR, des traces de cobalt-60 et d'iode-131 (1 à 2 fCi/m³) ont été détectées en juin après une période d'exploitation de la station d'incinération; pendant 2 semaines en novembre, tandis que la station d'incinération était en service, nous avons mesuré 13, respectivement 20 fCi/m³ de césium-137. Comparativement, les stations de Fribourg, Niedergösgen et Full ont donné à la même époque des concentrations en césium-137 comprises entre 0,1 et 0,3 fCi/m³.

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, compte tenu de la marge de fluctuation, concordent avec celles de Fribourg.

3.3.3. 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 significative d'activité par rapport aux échantillons correspondants provenant d'autres régions du pays (voir aussi chap. 2.5.).

Le strontium-90 et le césium-137 issus des retombées des explosions nucléaires sont encore mesurables dans tous les échantillons. Du fait de la composition chimique différente du sol, nous observons pour le césium-137 des différences locales jusqu'à un facteur 3 dans la terre et un facteur 4 dans l'herbe (voir tableau 4).

3.3.4. 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; nous avons obtenu dans tous les cas des valeurs inférieures à 10 pCi/l, en concordance avec les mesures faites dans les autres eaux superficielles de Suisse (voir fig. 1).

L'activité en tritium d'échantillons prélevés aux mêmes points a varié entre 100 et 500 pCi/l (fig. 2).

Les échantillons d'eaux souterraines provenant de stations 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, nous avons 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. 14). Ceux-ci proviennent partiellement des installations nucléaires; une partie du césium-137 est issue de la retombée radioactive; l'iode-131 est également rejeté par les hôpitaux. Du fait de l'accumulation des radionucléides dans de tels échantillons, ceux-ci sont des indicateurs très sensibles pour la détection de la radioactivité.

A part le potassium-40 naturel, seules quelques traces de césium-137 (< 70 pCi/kg matière fraîche), provenant essentiellement de la retombée radioactive des essais nucléaires, ont été détectées dans les échantillons de chair de poisson (filets).

3.3.5. Mesures du carbone-14 dans le feuillage

Dans le but de constater si les rejets de carbone-14 ($T_{1/2} = 5730$ ans) par les installations nucléaires provoquent une augmentation notable de la concentration de ce nucléide dans les plantes du voisinage, les déterminations du carbone-14 dans les feuilles de hêtres au voisinage de la CNM, de CNB/IFR/ISN (Institut suisse de recherches nucléaires, Villigen), de la CNLE et à Imihubel (station de référence) ont été poursuivies en 1982.

A la station de référence et à Reuenthal (près de la CNLE qui n'est pas encore en service), la concentration du carbone-14 a été en 1982 de l'ordre de 250% supérieure à la valeur naturelle (1981: 277%). Cette teneur accrue provient encore toujours des essais nucléaires des années 60 et diminue chaque année de 20% environ par suite de l'échange du CO_2 de l'air avec les océans (fig. 6).

Les résultats obtenus sur les échantillons prélevés au voisinage de la CNM sont de l'ordre de 60% (jusqu'à une distance de 1 km de la CNM), respectivement 20% (à une distance de 5 km) supérieurs à la valeur de référence (stations non influencées d'Imihubel et de Reuenthal); ils concordent avec les augmentations mesurées en 1977 et 1978 au voisinage de la CNM. Ceci sous-entend que, pendant la période de croissance des feuilles en 1982, approximativement la même quantité de carbone-14 s'est échappée de la CNM qu'en 1977 et 1978. De manière analogue, les trois échantillons provenant des environs de CNB/IFR/ISN présentent des augmentations semblables à l'année précédente (moyenne 1981 et 1982: env. 40% au-dessus de la valeur de référence).

L'irradiation supplémentaire causée par la consommation exclusive d'aliments à teneur accrue en carbone-14 provenant des environs des CN est négligeable.

4. INDUSTRIES, HÔPITAUX ET INSTITUTS DE RECHERCHE

4.1. Stations d'épuration des eaux usées (STEP) (fig. 7 et 8)

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

STEP de Zürich-Werdhölzli. L'activité alpha totale moyenne de 0,8 pCi/l (1981: 1 pCi/l) et l'activité moyenne en tritium de 240 pCi/l (1981: 330 pCi/l) à la sortie de la STEP se situent dans le domaine des activités moyennes des eaux courantes. La teneur moyenne en iode-131 des eaux usées s'est élevée à 41 pCi/l (1981: 48 pCi/l). La moyenne hebdomadaire la plus haute, 150 pCi/l, a été inférieure à la valeur directrice de 200 pCi/l applicable à l'effluent selon l'OPR.

L'écoulement total d'iode-131 à travers la STEP de Zürich-Werdhölzli, puis dans la Limmat, a été évalué pour 1982 à 3,5 Ci. Cette activité correspond à une concentration moyenne dans la Limmat de 1,2 pCi/l; l'usage permanent de cette eau comme eau potable aurait entraîné une dose annuelle de 1,5 mrem à la glande thyroïde des adultes (valeur maximale admissible pour des individus de la population: 3000 mrem/an, pour des enfants: 1500 mrem par an).

STEP de Berne-Stuckishaus. La moyenne hebdomadaire de la teneur en tritium à la STEP n'a jamais dépassé 1000 pCi/l; la moyenne annuelle, 640 pCi/l (1981: 850 pCi/l), est un peu plus de deux fois supérieure à celle de Zürich et de Lausanne. La valeur directrice du tritium dans l'effluent selon l'OPR, $3 \cdot 10^5$ pCi/l, se situe plusieurs ordres de grandeur au-dessus. L'écoulement total de tritium de la STEP dans l'Aar en 1982, 42 Ci, a provoqué une élévation moyenne de la teneur en tritium de l'eau de l'Aar de 11 pCi/l, valeur inférieure à la précision de mesure.

La moyenne annuelle de la concentration de l'iode-131 dans l'eau de la STEP a baissé à 28 pCi/l (1981: 58 pCi/l), correspondant à un rejet total de 1,8 Ci/an et une concentration moyenne dans l'eau de l'Aar de 0,5 pCi/l.

STEP de Lausanne. Dans les eaux usées de Lausanne, nous avons enregistré les moyennes annuelles suivantes: activité alpha totale: 0,7 pCi/l, activité bêta totale: 8 pCi/l, activité en tritium: 250 pCi/l. Ces résultats correspondent aux valeurs mesurées dans les rivières en Suisse. Aucune activité notable d'iode-131 n'est par conséquent rejetée à travers la STEP.

Canalisation à Fribourg. A la sortie de la canalisation des eaux usées de l'hôpital cantonal, 4 échantillons ont été prélevés en mars 1982 et analysés en spectroscopie gamma. Nous avons détecté une activité en technétium-99m ($T_{1/2} = 6$ h) variant entre 1100

et 17000 pCi/l. Ce nucléide est utilisé dans les hôpitaux pour le diagnostic. Sa valeur directrice dans l'effluent selon l'OPR est de 300'000 pCi/l.

4.2. Région de La Chaux-de-Fonds

4.2.1. Tritium (fig. 9 et 10)

Les valeurs mensuelles de l'activité en tritium des précipitations prélevées aux "Anciens Moulins" à La Chaux-de-Fonds ont varié entre 170 et 1600 pCi/l (moyenne annuelle 400 pCi/l; 1981: 480 pCi/l). A la station de référence de Cernier, la moyenne annuelle dans les précipitations s'est élevée à 150 pCi/l. Environ la moitié du tritium contenu dans les précipitations des "Anciens Moulins" est par conséquent imputable à l'industrie des peintures luminescentes. L'activité totale en tritium déposée avec les précipitations (1500 mm) à La Chaux-de-Fonds a été de l'ordre de 600 mCi/km².

Dans les échantillons accumulés mensuellement à la STEP de La Chaux-de-Fonds, l'activité en tritium a varié entre 40000 et 120000 pCi/l (moyenne 65'000 pCi/l; 1981: 64'000 pCi/l). L'activité totale en tritium rejetée à travers la STEP de la ville en 1982 s'est élevée à 540 Ci (1981: 550 Ci).

Les teneurs en tritium d'échantillons provenant du drainage du dépotoir de La Sombaille ont varié entre 30000 et 930000 pCi/l, elles ont varié entre 1600 et 30000 pCi/l au dépotoir de La Charrière.

Selon l'OPR, l'augmentation de la teneur en tritium de l'effluent ne doit pas dépasser 300'000 pCi/l en moyenne hebdomadaire; l'utilisation exclusive d'une telle eau comme eau potable entraînerait une dose au corps entier de 50 mrem/an. Les valeurs inadmissibles constatées dans le drainage du dépotoir de La Sombaille sont à vrai dire inoffensives, car cette eau n'est pas utilisée comme eau potable, s'infiltré sur une courte distance et est diluée.

5 échantillons d'eau du Doubs prélevés en amont de la zone de résurgence des eaux usées de La Chaux-de-Fonds ont présenté des activités en tritium situées entre 180 et 300 pCi/l, soit à peu près autant que dans les autres rivières suisses; dans un seul cas, la teneur en tritium a atteint 1400 pCi/l. Dans les échantillons accumulés hebdomadairement à St-Ursanne, nous avons obtenu des valeurs en tritium comprises entre 280 et 2200 pCi/l. Elles ont varié entre 360 et 1200 pCi/l dans les échantillons provenant de la Ronde à son embouchure dans le Doubs; les échantillons prélevés aux sources contenant les eaux usées de La Chaux-de-Fonds, dont l'eau se jette après une courte distance dans le Doubs, ont présenté des activités en tritium allant de 2700 à 55000 pCi/l.

L'eau potable de La Chaux-de-Fonds est amenée des gorges de l'Areuse; sa teneur en tritium n'est pas accrue.

4.2.2. Radon dans les maisons (Mesures de la CNA 1)

Jusqu'en 1963, c.-à-d. jusqu'à la promulgation de l'OPR, des peintures luminescentes au radium ont été utilisées dans la région de La Chaux-de-Fonds pour la fabrication de cadrans lumineux pour l'horlogerie. C'est pourquoi, dans le cadre de mesures d'assainissement, la CNA a effectué en 1982, à la Chaux-de-Fonds, des mesures de radon dans les anciens ateliers de pose de peintures luminescentes et les maisons d'habitation voisines. Les recherches ont été soutenues par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) et le Service d'hygiène de La Chaux-de-Fonds. Des dosimètres passifs à radon (3 par maison) ont été exposés pendant une demi-année dans 72 maisons au voisinage proche et éloigné de 8 anciens ateliers de pose de peintures luminescentes. Des mesures de comparaison ont été faites également dans des quartiers plus récents (11 maisons de référence). Comme le montre le tableau des résultats ci-après, des concentrations en radon partiellement très élevées ont été mesurées dans les deux zones; dans la plupart des cas, il est vrai, elles ne sont pas alarmantes. Dans quelques cas cependant, un assainissement pour abaisser le niveau de radon est recommandé.

Concentration en radon dans des maisons d'habitation de La Chaux-de Fonds (pCi/m ³)				
	Nombre de maisons	Moyenne (domaine)		
		Cave	Salon	Chambre à coucher
Maisons de référence	11	15'000 (600- 64'000)	6'500 (100- 27'000)	3'400 (200-10'000)
Maisons au voisinage de 8 anciens ateliers de pose	72	74'000 (400-730'000)	7'300 (100-102'000)	4'100 (100-24'000)
Toutes les maisons examinées	83	66'000 (400-730'000)	7'200 (100-102'000)	4'000 (100-24'000)

Si nous admettons pour les habitants de ces maisons le facteur de dose donné au bas de la p. 68, basé sur les hypothèses faites à cet endroit au sujet des durées de séjour et des taux de respiration, les habitants accumuleront par inhalation des produits de désintégration du radon un équivalent de dose effectif moyen d'environ 620 mrem/an (maximum: 8100 mrem/an). Dans les 3/4 des cas,

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

cette dose est inférieure à 500 mrem/an. Si nous considérons encore une demi-heure de séjour à la cave par jour, nous obtenons une moyenne de 800 mrem/an (maximum: 8400 mrem/an).

Nous ne savons pas encore dans quelle mesure cette augmentation est causée par des dépôts de peintures luminescentes au radium d'où le radon peut parvenir dans les maisons à travers regards et canalisations, ou s'il s'agit d'une anomalie naturelle. Les investigations, ainsi que la recherche de mesures possibles d'assainissement sont poursuivies en accord avec les autorités communales. Celles-ci ont été informées des résultats.

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

Radium-Chemie SA, Teufen (RCT)

Actuellement, la RCT utilise presque exclusivement du tritium pour la fabrication des peintures luminescentes. La surveillance est par conséquent orientée en premier lieu vers cet isotope.

Les rejets avec les eaux résiduaires se sont élevés en 1982 à 0,3 Ci de tritium. Dans l'effluent, un bassin d'épuration pour la pluie, nous avons enregistré au maximum 14'000 pCi/l de tritium. Selon l'OPR, la valeur directrice pour l'augmentation d'activité dans l'effluent se situe à 300'000 pCi/l en moyenne hebdomadaire. Les mesures des échantillons prélevés à la STEP de Teufen ont donné des concentrations en tritium comprises entre 700 et 2200 pCi/l.

En 1982, la fabrique a rejeté 260 Ci de tritium dans l'atmosphère avec les effluents gazeux, dont 190 Ci sous forme de HTO. Les immissions causées par ces rejets sont mesurées dans les précipitations, à 65 m à l'est de la cheminée. Dans les échantillons mélangés mensuels, la teneur en tritium des précipitations a varié entre 13000 et 60000 pCi/l. Dans des échantillons d'humidité de l'air prélevés à l'extérieur du terrain de l'entreprise, nous avons enregistré une concentration maximale de 500 pCi/m³. La valeur directrice pour des individus de la population selon l'OPR s'élève pour l'HTO à 30000 pCi/m³.

La concentration accrue du tritium dans l'eau de source au voisinage immédiat est causée d'une part par des dépôts de déchets et de débris de construction contaminés au tritium et d'autre part par les rejets de tritium avec les effluents gazeux qui, par l'intermédiaire des précipitations et après rétention dans le sol, parviennent partiellement dans l'eau de source. Les rejets avec les eaux résiduaires vont à la STEP et n'influencent pas l'eau de source.

La teneur en tritium des échantillons prélevés depuis des années à la "fontaine Reifler" a varié en 1982 entre $2,5 \cdot 10^5$ et $7,0 \cdot 10^5$ pCi/l. L'eau de la "fontaine Reifler", dont la concentration en tritium dépasse la limite pour l'effluent, n'est pas utilisée comme eau potable. Les mesures des sources aux environs de la RCT

ont donné 3300 à 160000 pCi/l; nous avons mesuré 5000 à 25000 pCi/l dans le ruisseau qui reçoit l'eau de la "fontaine Reifler" (ruisseau en aval de la RCT) et 250 à 3300 pCi/l dans les cours d'eau plus importants que sont le Goldibach, le Rotbach et la Sitter.

Avant l'entreposage définitif de la terre de jardin contaminée au radium sur le terrain de la RCT (v. rapports annuels 1978 à 1981), des analyses de radium-226 et de strontium-90 (utilisé pendant quelques années) ont été effectuées au voisinage de la fabrique. Nous avons obtenu les résultats suivants: "fontaine Reifler": 0,5 à 1,5 pCi/l de radium-226, 6 à 7 pCi/l de strontium-90; ruisseau en aval de la RCT: 0,3 à 0,5 pCi/l de radium-226, 0,6 à 1,4 pCi/l de strontium-90. Les analyses des sédiments de ce ruisseau ont donné 2000 pCi de radium-226 et 200 pCi de strontium-90 par kg de matière sèche. Les résultats des mesures de l'activité alpha totale et bêta totale ont concordé avec les déterminations des nucléides particuliers. A la sortie de la STEP, l'activité alpha totale d'échantillons a été de l'ordre de 1 pCi/l; l'activité bêta totale a varié entre 5 et 10 pCi/l.

Après que l'expérience eut montré que la migration du radium-226 et du strontium-90 dans le sol ne pouvait pas occasionner de contaminations dangereuses à l'extérieur du terrain de la RCT, la terre de jardin contaminée au radium a été entreposée, sous la surveillance de l'organe de contrôle, dans deux fosses situées sur le terrain et recouverte d'une couche de marne et d'humus de plus d'un mètre d'épaisseur. L'assainissement du terrain de la RCT est ainsi terminé.

Dans les drainages des dépotoirs "Bächli" (terrain de la protection civile à Teufen) et "List" (commune de Stein), nous avons enregistré des teneurs en tritium comprises entre $1,4 \cdot 10^5$ et $8,5 \cdot 10^5$ pCi/l, respectivement entre 10^3 et $5 \cdot 10^5$ pCi/l; certaines de ces valeurs dépassent la valeur directrice pour l'effluent. Comme ces drainages coulent après quelques mètres dans des ruisseaux et qu'ainsi l'activité volumique s'abaisse à des valeurs insignifiantes, il n'existe aucun danger d'irradiation inadmissible de personnes. Il en est de même pour l'activité alpha totale de 130 pCi/l (composée principalement de radium-226 et de ses produits de filiation) et l'activité bêta totale de 300 à 600 pCi/l (principalement du strontium-90) dans le drainage du dépotoir "Bächli". La plupart de ces valeurs montrent une légère diminution par rapport à l'année précédente.

mb-microtec SA, Niederwangen /BE

En 1982, cette fabrique a rejeté 0,3 Ci de tritium (1981: 0,4 Ci) avec les eaux résiduaires. Les mesures d'échantillons prélevés dans le ruisseau "Stadtbach" en aval de l'entreprise et dans la nappe phréatique à Niederwangen ont donné environ 5000 pCi/l de tritium.

3800 Ci de tritium, dont 300 Ci sous forme de HTO et le reste sous forme de HT, ont été rejetés dans l'atmosphère avec les effluents

gazeux. Depuis la fin mars 1982, des récipients pour recueillir la pluie ont été installés en 4 points dans différentes directions de vent, à une distance de 200 à 300 m de la fabrique. Les mesures des échantillons bimensuels ont montré en général une forte dépendance directionnelle de la dispersion de l'activité; les teneurs en tritium les plus élevées sont enregistrées le plus souvent au NE de l'entreprise, dans la direction de la vallée. En 1982, la plupart des valeurs se sont situées entre 500 et 5000 pCi/l, avec des extrêmes de 150 et 60'000 pCi/l (fig. 11).

Le terrain à Berne-Bümpliz, où l'entreprise Merz & Benteli avait dans le passé fabriqué des peintures luminescentes au radium (v. rapport annuel 1981), a été assaini en 1982-83 sous la surveillance de la CNA et de l'OFSP. Les installations contaminées au radium ont été traitées comme déchets radioactifs à l'IFR. La terre et les débris de construction ont été transportés à la décharge de Teuftal. En 1982, les échantillons provenant du drainage de cette décharge n'ont pas présenté une teneur accrue en radium. La teneur en tritium de cette eau a été de l'ordre de 2000 pCi/l.

Avant l'assainissement, la CFSR a déterminé la teneur en émetteurs gamma et en strontium-90 d'échantillons de terre prélevés sur le terrain. Aux endroits les plus contaminés, nous avons enregistré, pour 100 g de matière, des activités allant jusqu'à environ 2 μ Ci de radium-226, 1 μ Ci pour chacun de ses descendants, le plomb-214 et le bismuth-214, et 1 nCi de strontium-90

Après l'assainissement, la dose ambiante maximale sur le terrain atteint 350 mrem/an, fond naturel inclus. Une irradiation inadmissible de personnes stationnant à cet endroit est ainsi exclue (fig. 12).

Cerberus SA, Männedorf et Volketswil

L'entreprise Cerberus SA traite principalement du tritium à Männedorf, du tritium et de l'américium-241 à Volketswil. Quatre échantillons sont prélevés annuellement dans l'effluent de chacune des deux fabriques; nous mesurons leur activité alpha totale, bêta totale et en tritium. L'activité bêta totale s'est élevée à 16 pCi/l au maximum et l'activité alpha totale a été inférieure à 10 pCi/l (valeur directrice dans l'effluent pour l'américium-241 selon l'OPR: 300 pCi/l). La teneur en tritium d'échantillons d'eaux résiduelles a varié entre 2500 et 11'000 pCi/l à Männedorf et entre 400 et 9'000 pCi/l à Volketswil (valeur directrice dans l'effluent pour le tritium selon l'OPR: 300'000 pCi/l).

4.4. Institut suisse de recherche nucléaire (ISN)

D'après le bilan des rejets pour 1982, seules d'infimes quantités de matières radioactives ont été évacuées dans l'Aar par l'ISN (100 m³ d'eau contenant env. 9 μ Ci équivalents de cobalt-56). Les rejets gazeux ont été composés de 330 Ci d'argon-41, 15 Ci de xénon-122, 4 Ci de xénon-123, 16 Ci de xénon-125 et env. 2600 Ci

d'émetteurs bêta à vies courtes (dont 41% de carbone-11, 35% d'azote-13 et 24% d'oxygène-15). Les rejets de tritium et de béryllium-7 (80 μ Ci) sont négligeables. Le rejet maximal admissible par les effluents gazeux a été fixé par l'autorité de contrôle à 2500 Ci/an équivalents d'argon-41. Cette limite a été précisément atteinte en 1982.

Une nouvelle cheminée est actuellement en construction à l'ISN, si bien que l'activité s'échappant avec les effluents gazeux produira une concentration plus faible au point critique.

D'après les mesures de l'ISN, la dose ambiante gamma varie, après soustraction du fond, entre 10 et 20 mrem/an le long de la clôture qui longe la route (côté ouest), entre 10 et 18 mrem/an le long de la clôture côté sud; elle est de l'ordre de 10 mrem/an le long de la clôture côté nord et inférieure à 90 mrem/an à l'angle SE du terrain (près de l'entrepôt pour les composantes actives). La dose ambiante gamma nette à l'hôtellerie reste inférieure à la limite de détection qui est de l'ordre de 5 mrem/an.

En 6 points au voisinage de l'ISN, la dose neutronique est enregistrée au moyen de dosimètres spéciaux de l'IFR, afin de détecter une influence éventuelle des accélérateurs de particules de l'institut. Nous avons obtenu en 1982 les doses neutroniques suivantes (en mrem/an, fond naturel inclus):

Sud de l'IFR (maison d'habitation)	(350m SE)	3,4+1,3
Grange Schödler	(150m ONO)	5,9+2,2
Grange Fehlmann	(550m SSO)	3,1+1,2
Tüeliboden	(400m NO)	3,2+1,0
Hôtellerie de l'ISN	(300m NNE)	2,4+1,0
Villigen (maison d'école)	(1200m SSO)	2,2+0,9
Ennetbaden		2,0+0,8

Seul le point de mesure "grange Schödler" indique une valeur légèrement accrue. D'après les mesures de l'ISN, la dose neutronique nette le long de la clôture de l'institut se situe entre 5 et 20 mrem/an.

5. COMPOSITION DES DOSES D'IRRADIATION DE LA POPULATION SUISSE

La radioactivité artificielle de l'air a atteint en 1982 le niveau le plus bas depuis le début des mesures en 1956. La dose qui en résulte est inférieure à 1 mrem/an.

Les limites des rejets ont été respectées par toutes les centrales nucléaires et l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs (IFR). Pendant une semaine, les rejets d'iode-131 avec les effluents gazeux de la centrale nucléaire Beznau II (CNB) ont atteint la limite.

Les concentrations des radionucléides dans les échantillons hebdomadaires d'eau des STEP de Zürich, Berne et Lausanne ont été constamment inférieures à la valeur directrice applicable à l'effluent; il en est de même pour le tritium dans l'eau de la STEP de La Chaux-de-Fonds.

Comme le montrent des échantillons provenant de drainages de dépotoirs à Teufen/AR, à Stein/AR et à La Chaux-de-Fonds, et d'une fontaine (Radium-Chemie SA à Teufen), la teneur en tritium a dépassé en quelques endroits la valeur directrice pour l'effluent. Il n'existe aucun danger pour la population, car l'eau de cette fontaine n'est pas utilisée comme eau potable.

Les mesures de radioactivité de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR), en liaison avec les rejets de radioactivité et les doses aux personnes professionnellement exposées aux radiations, obtenus par les organes de contrôle, et les mesures de radon de l'IFR permettent la détermination de la dose annuelle moyenne aux personnes en Suisse. Elle se compose comme suit:

5.1. 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 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 osseuse rouge et 105 mrem/an aux gonades. Cela correspond en moyenne en Suisse à un équivalent de dose effectif de l'ordre de 125 mrem/an (rayonnement terrestre: 65, rayonnement cosmique: 32, irradiation interne: 30 mrem/an). Cette irradiation naturelle peut servir de grandeur de comparaison pour juger les doses d'origine artificielle.

5.2. Irradiation par le radon et ses produits de filiation dans les habitations

Comme l'ont montré de nouvelles recherches (non terminées) de l'IFR, pour la plupart dans des maisons familiales de différentes régions de Suisse, le radon, qui s'échappe principalement du sol et des matériaux de construction, et ses produits de filiation entraînent, pour le temps de séjour à l'intérieur des maisons, une dose moyenne supplémentaire au poumon de l'ordre de 1300 mrem/an. Cette irradiation du poumon par les descendants du radon correspond à un équivalent de dose effectif d'environ 150 mrem/an qui est à additionner aux 125 mrem susmentionnés. La dose imputable au radon ne provoque cependant aucun effet génétique.

A ce propos, il faut signaler que les doses dues au radon, obtenues sur la base de l'enquête par sondage effectuée par l'IFR, ne sont pas encore représentatives de l'ensemble de la population suisse. Les mesures se poursuivent.

Dans la région de La Chaux-de-Fonds, où par le passé des peintures luminescentes au radium ont été fabriquées et traitées, la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA) a également effectué des mesures de radon dans les habitations et obtenu en certains endroits des irradiations fortement accrues (équivalents de dose effectifs jusqu'à 8100 mrem/an au maximum, en moyenne env. 620 mrem/an; les 3/4 des valeurs sont inférieures à 500 mrem/an). Les causes de ce niveau accru en radon (déchets de peintures luminescentes au radium ou origine naturelle), ainsi que les possibilités d'assainissement sont recherchées en collaboration avec les autorités locales qui ont été informées des résultats de l'enquête.

5.3. Retombée mondiale des explosions nucléaires

Le césium-137 déposé au sol et le strontium-90 accumulé dans les os par l'intermédiaire de l'alimentation, provenant des anciennes bombes atomiques, occasionnent tout au plus chacun encore une dose de 2 mrem/an.

D'autres radionucléides à vies longues tels que le tritium, le carbone-14 et l'iode-129 provoquent également, par différentes voies, une irradiation supplémentaire qui est cependant au total inférieure à 1 mrem/an.

5.4. Irradiation par d'autres sources

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'au rayonnement cosmique lors de vols à haute altitude et à l'usage du tabac. Ces contributions produisent au total quelques mrem/an au maximum.

5.5. 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 maximales qui en résultent pour les personnes du voisinage sont par conséquent estimées à partir des émissions mesurées. La radioactivité rejetée avec les eaux résiduaires entraîne des doses hypothétiques (hypothèse: l'eau fluviale est utilisée comme eau potable) inférieures à 0,1 mrem/an, avec les effluents gazeux des doses de 1 mrem/an au maximum. La dose à la glande thyroïde de bébés qui n'auraient bu que du lait de vaches pâturant au point critique au voisinage de l'IFR atteint 15 mrem/an au maximum (Centrale nucléaire de Mühleberg: < 1 mrem/an).

Dans la seconde moitié du mois d'août 1982, la CNB II a rejeté en l'espace de deux semaines 43 mCi d'iode-131 avec les effluents gazeux. Pendant une semaine, la limite de rejet prescrite pour cet isotope d'iode a été à peu près atteinte. D'après des calculs basés sur un modèle, ce rejet aurait provoqué une dose de l'ordre de 20 mrem à la glande thyroïde d'un bébé qui n'aurait bu que du lait d'une vache pâturant au point critique.

Les immissions radioactives provenant des centrales nucléaires diminuent rapidement avec la distance. L'irradiation moyenne qui en résulte pour la population suisse est négligeable (inférieure à 1 mrem).

L'irradiation due aux nucléides radioactifs 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, en des endroits inhabités à l'extérieur de la clôture des installations nucléaires (Mühleberg, Beznau, IFR) et de l'ancienne Centrale nucléaire expérimentale de Lucens (CNLU), ainsi que près de l'Institut suisse de recherche nucléaire (ISN). Les accroissements de dose à l'endroit du maximum s'élèvent à environ 350 mrem/an près de la Centrale nucléaire de Mühleberg et de l'IFR, à 90 mrem/an près de l'ISN, à 250 mrem/an près de la CNB et à 400 mrem/an près de l'ancienne CNLU. La dose personnelle annuelle (= dose ambiante fois durée de séjour par an) qui en résulte pour des individus de la population avoisinante se tenant peu de temps en ces zones est inférieure à 10 mrem/an. Aux endroits habités en permanence au voisinage de ces installations, la dose ambiante causée par le rayonnement direct a été inférieure à 2 mrem/an.

5.6. Industries et hôpitaux

Les entreprises industrielles et les hôpitaux rejettent différents radioisotopes avec les eaux résiduaires. Il en résulte un accroissement minime de la radioactivité dans les eaux; celle-ci est de plus retenue en grande partie lors du traitement pour l'eau potable. Seul le tritium - qui, en tant qu'isotope de l'hydrogène, est lié à l'eau - n'est pas retenu lors de ce traitement. Le Doubs en aval de La Chaux-de-Fonds est le cours d'eau de Suisse qui a la plus forte teneur en tritium. Même l'utilisation de cette eau comme eau potable entraînerait une dose inférieure à 1 mrem/an.

La plus grande quantité de tritium rejetée dans l'environnement en Suisse provient des effluents gazeux des entreprises mb-microtec (Niederwangen) et Radium-Chemie (Teufen). Sur la base d'anciennes mesures de tritium dans des échantillons d'urine de personnes habitant au voisinage de l'entreprise Radium-Chemie, nous avons calculé une dose au corps entier inférieure à 10 mrem/an.

5.7. Personnes professionnellement exposées aux radiations

En 1982, 43'377 personnes professionnellement exposées aux radiations ont été surveillées par les trois organes de contrôle. Elles ont accumulé ensemble 1941 rem (en moyenne 45 mrem/personne), ce qui donne environ 0,3 mrem/an en moyenne sur l'ensemble de la population. Cette valeur est déterminante pour juger les effets génétiques sur la population.

5.8. Applications médicales

Des enquêtes sur la dose moyenne à la moelle osseuse et la dose génétiquement significative moyenne (DGS, dose aux gonades pondérée par la probabilité de procréation) causées par les examens diagnostiques aux rayons X en médecine ont été effectuées en Suisse en 1971 et 1978 ¹⁾. Le nombre des examens diagnostiques aux rayons X n'a pas changé notablement. La deuxième enquête n'a révélé aucune augmentation de la dose à la moelle osseuse par rapport à la première; la DGS a crû par contre de l'ordre de 20%.

De nouvelles méthodes de mesure et d'évaluation ont été utilisées pour l'enquête de 1978. Les moyennes suivantes ont été obtenues: environ 30 mrem/an pour la DGS et 80 mrem/an à la moelle osseuse ²⁾. Ces valeurs sont inférieures à celles de l'enquête 1971, obtenues à l'aide de modèles de calcul approximatifs et publiées dans les rapports antérieurs de la CFSR.

En 1976, les examens effectués en médecine nucléaire ³⁾ ont causé à la population de Bâle-Ville une dose génétiquement significative de 0,5 mrem/an seulement (dose moyenne aux gonades: 10 mrem/an).

6. RÉSUMÉ

Les sources naturelles de rayonnements causent à la population suisse un équivalent de dose effectif moyen de l'ordre de 125 mrem/an (rayonnement terrestre: 65, rayonnement cosmique: 32, irradiation interne: 30 mrem/an).

A cette valeur donnée jusqu'à maintenant, il faut ajouter l'équivalent de dose effectif causé par le gaz rare radon et ses produits de filiation, surtout à l'intérieur des maisons. La dose au poumon, estimée pour la première fois sur la base de mesures effectuées par l'IFR, correspond à un équivalent de dose effectif moyen de l'ordre de 150 mrem/an. Cette valeur résulte d'un sondage préliminaire et ne peut pas encore être considérée comme définitive et représentative pour la population suisse. Le radon occasionne essentiellement une irradiation des organes respiratoires; les effets génétiques sont par conséquent négligeables.

Autre source d'irradiation, les examens diagnostiques aux rayons X en médecine (tous les types d'examen) provoquent en moyenne environ 80 mrem/an à la moelle osseuse. En pondérant la dose aux gonades par la probabilité de procréation, on obtient ce qu'on appelle la dose génétiquement significative. Elle s'élève en moyenne à environ 30 mrem/an.

- 1) G. Poretta et al.: "X-Ray Examinations, Gonadal and Bone Marrow Doses, Switzerland 1978", dans Journée Scientifique de la "Société Suisse de Radiobiologie et Radiophysique", Epalinges, octobre 1982
- 2) Les types d'examens aux rayons X considérés en 1978 contribuaient à environ 80% des doses et ont donné 23 mrem/an pour la DGS et 63 mrem/an à la moelle osseuse
- 3) J. Roth: Die Bestimmung der Strahlenbelastung der Patienten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin, Hôpital cantonal de Bâle, décembre 1978

Les mesures de la CFSR et des organes de contrôle ont montré que la contribution annuelle moyenne des autres sources artificielles (retombée radioactive des essais nucléaires, installations nucléaires, entreprises industrielles, exposition professionnelle aux radiations, etc.) à l'irradiation de la population suisse en 1982 est inférieure à 10 mrem.

L'équivalent de dose effectif moyen à la population suisse s'élève ainsi à environ 360 mrem/an, c'est-à-dire: 125 mrem par irradiation naturelle, 150 mrem par le radon dans les habitations, 80 mrem par les examens diagnostiques aux rayons X (dose à la moelle osseuse) et moins de 10 mrem par les autres sources artificielles de radiations.

Si l'on ne considère que la dose génétiquement significative, on obtient environ 160 mrem/an en moyenne par tête d'habitant, soit: 125 mrem par irradiation naturelle, 30 mrem par les examens diagnostiques aux rayons X et moins de 10 mrem par les autres sources artificielles de radiations.

Les mesures d'assainissement du terrain de l'entreprise Radium-Chemie SA à Teufen/AR et de Merz & Benteli à Bümpliz/BE sont terminées. Une enquête sur les valeurs accrues en radon dans des maisons d'habitation à La Chaux-de-Fonds est en cours, en collaboration avec les autorités locales.

Nous remercions le Conseiller fédéral A. Egli et le secrétaire général du Département fédéral de l'intérieur, M. E. Marthaler, pour leur appui à la CFSR. Nous remercions également très cordialement M. U. Frey, directeur de l'Office fédéral de la santé publique, pour la bonne collaboration pendant de longues années. Depuis la fin mai, notre collaborateur expérimenté au Laboratoire de Fribourg de la CFSR, le docteur J. Halter, a pris sa retraite. Depuis 1957, il a participé de manière déterminante au développement de la surveillance de la radioactivité, ainsi qu'à l'évaluation et à l'interprétation des mesures. Dans l'élaboration des rapports annuels de la CFSR, il a également accompli un travail très précieux pour lequel nous lui adressons nos meilleurs remerciements. Nos remerciements vont aussi 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.

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, janvier 1984 /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. A. Auf der Maur, Dr. T. Lauffenburger)
- CRDA Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (Président: Dr. B. Zimmerli, Office fédéral de la santé publique, Berne)
- DSN Section de la protection de la santé et de l'environnement de la Division principale de 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.J. Geering)
- IFR Division du contrôle des radiations de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs, Würenlingen (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)