Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 28 (1984)

Rubrik: 28e Rapport de la Commission fédérale de surveillance de la radioacitvité pour l'année 1984 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: 14.07.2025

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

28e RAPPORT DE LA COMMISSION DE SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE POUR L'ANNEE 1984 A L'INTENTION DU CONSEIL FEDERAL

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

RESUME

La radioactivité artificielle de l'air en Suisse a aussi été très faible et à peine décelable en 1984. La dose aux personnes qui en résulta ne dépasse pas 1 mrem/an.

Les valeurs limites pour les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux ont été respectées par toutes les centrales nucléaires, par l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs et par l'Institut Suisse de recherche nucléaire. La dose aux personnes calculée incombant aux rejets de ces installations et instituts s'est chiffrée dans leur voisinage au maximum à quelques mrem/an.

Les concentrations des radionucléides dans les échantillons hebdomadaires d'eau des stations d'épuration de Zurich, Bâle, Berne, Lausanne et La Chaux-de-Fonds ont été constamment inférieures à la valeur directrice prescrite pour l'effluent.

Comme le montrent des échantillons instantanés provenant de drainages de dépotoirs à Teufen/AR et La Chaux-de-Fonds, la teneur en tritium a dépassé en quelques endroits la valeur de 300'000 pCi/litre. Il n'existe toutefois aucun danger pour la population, car ces eaux ne sont pas destinées à la consommation et sont en outre diluées avec de l'eau inactive après un faible parcours.

---

1) Le rapport a été rédigé en collaboration avec Dr. H. VÖLKLE, Dr. H. SURBECK et C. MURITH phys. dipl. (laboratoire de Fribourg de la CFSR) sur la base des rapports de travail des laboratoires cités à l'appendice II

Les sources naturelles de rayonnements occasionnent à la population suisse un équivalent de dose effectif moyen d'environ 135 mrem/an (rayonnement terrestre 55 mrem/an; rayonnement cosmique 40 mrem/an; irradiation interne 38 mrem/an).

A cette valeur, il faut ajouter l'équivalent de dose effectif dû au gaz rare radon et à ses descendants, surtout à cause de leur concentration plus élevée à l'intérieur des maisons. A partir des enquêtes par sondage menées jusqu'à maintenant dans les maisons en Suisse par l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs en collaboration avec la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité, on a estimé un équivalent de dose effectif moyen de l'ordre de 160 mrem/an. Cette valeur provisoire tient compte de la contribution du gaz rare de courte durée de vie radon-220, provenant de la série naturelle de désintégration du thorium. Dans certaines maisons, en particulier dans des régions des Alpes, on trouve des valeurs significativement accrues de la dose causée par le radon. Ce gaz rare provoque essentiellement une irradiation des organes respiratoires. Les effets génétiques sont par conséquent négligeables.

Des mesures de radon effectuées dans des anciens ateliers de posage de peintures luminescentes au radium et dans certaines habitations de La Chaux-de-Fonds ont donné en partie des concentrations de radon fortement accrues; dans la plupart des cas la situation n'est toutefois par alarmante. Malgré tout, pour certaines maisons des possibilités d'assainissement sont à l'étude.

Autre source d'irradiation, les examens diagnostiques aux rayons X en médecine occasionnent en moyenne pour tous les types d'examen environ 60 mrem/an à la moelle osseuse correspondant à un équivalent de dose effectif de l'ordre de 80 mrem/an. 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 25 mrem/an.

Les mesures de la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité, des organes de contrôle et de la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires ont montré que la contribution annuelle moyenne des autres sources artificielles (retombée radioactive des essais nucléaires, installations nucléaires, entreprises industrielles et hôpitaux, exposition professionnelle aux radiations, etc...) à l'irradiation de la population suisse a été inférieure en 1984 à 15 mrem.

L'équivalent de dose effectif moyen annuel à la population suisse s'élève ainsi à près de 400 mrem/an: 135 mrem sont occasionnés par le rayonnement naturel, env. 160 mrem par le radon dans les habitations, env. 80 mrem par les examens diagnostiques aux rayons X, 10 mrem par la médecine nucléaire et moins de 15 mrem par les autres sources artificielles de radiation.

Si l'on ne considère que la dose génétiquement significative, on obtient environ 145 mrem/an en moyenne par tête d'habitant soit: 105 mrem par irradiation naturelle, 25 mrem par les examens diagnostiques aux rayons X et moins de 15 mrem par les autres sources artificielles de radiation.

1. INTRODUCTION

1.1. Origine et effets des doses d'irradiation

Parmi les doses d'irradiation auxquelles l'homme est continuellement soumis la majeure partie est d'origine naturelle.

Une contribution provient du rayonnement cosmique. Celui-ci est atténué par l'atmosphère, et varie surtout selon l'altitude (doublement tous les 1500 m environ).

Autre composante de l'irradiation naturelle, le rayonnement des radionucléides naturels, uranium, thorium, radium, potassium etc., présents dans le sol et les roches, sort partiellement du sol et parvient jusqu'à quelques centaines de mètre dans l'air.

Les radionucléides naturels de la croûte terrestre donnent naissance par désintégration à une série de produits de filiation radioactifs. Tous les nucléides des deux chaînes radioactives principales de l'uranium-238 et du thorium-232 sont des isotopes d'éléments solides, à l'exception du radon-222 et du radon-220, qui sont gazeux. Après leur émanation à partir du sol, ces deux gaz se dispersent dans l'air. Un grand nombre de radionucléides dits cosmogéniques, tels que le carbone-14 et le beryllium-7 sont aussi produits par le rayonnement cosmique dans l'atmosphère. L'inhalation des radionucléides présents dans l'air occasionne une irradiation des tissus pulmonaires. Ce sont les produits de filiation émetteurs alpha du gaz rare naturel radioactif radon qui contribuent principalement à cette dose d'irradiation interne. L'irradiation externe due à la radioactivité de ce nucléide de l'air est par contre sans importance.

Enfin l'ingestion de radionucléides primordiaux, parmi lesquels le potassium-40 de longue durée de vie, qui est présent dans la plupart des aliments, conduit aussi à une exposition interne.

A l'intérieur des habitations, l'irradiation externe provenant de l'air et du sol est quelque peu atténuée par absorption; cette atténuation peut cependant être compensée par l'irradiation causée par les radionucléides naturels présents dans les matériaux de construction. Ainsi, la conséquence d'une bonne isolation thermique des maisons est l'accumulation du radon et de ses produits de filiation. Le radon peut parvenir à l'intérieur des habitations à partir du sol via caves ainsi qu'à partir des matériaux de construction. C'est la raison pour laquelle l'exposition aux rayonnements des organes respiratoires, occasionnée par les produits de filiation du radon, se révèle plus importante à l'intérieur des habitations qu'à l'air libre.

Les découvertes des rayons X, de la radioactivité artificielle et de la fission nucléaire ont permis d'innombrables applications - issues de la civilisation - et occasionnent une exposition additionnelle de l'homme aux rayonnements. Les applications militaires de la fission nucléaire ont conduit à la construction d'armes atomiques; les explosions nucléaires dans l'atmosphère ont causé surtout dans les années 50 et 60 une contamination de l'environnement par des radionucléides artificiels. Ces derniers sont aussi décelables dans le corps humain à la suite de leur

incorporation à travers la nourriture et engendrent une irradiation additionnelle de l'homme. C'est l'augmentation de la radioactivité de l'environnement due aux bombes atomiques qui incita le conseil fédéral à créer en 1956 la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (CFSR). Depuis le traité de 1962 par lequel les grandes puissances se sont engagées à stopper les explosions expérimentales à l'air libre, la radioactivité artificielle de l'environnement a de nouveau diminué, si bien qu'elle présente aujourd'hui pour la plupart des radionucléides son niveau d'avant les essais atomiques.

L'exploitation pacifique des radiations en médecine, dans l'industrie, dans la production d'énergie et dans la recherche a aussi entrainé une augmentation de l'exposition humaine aux rayonnements. De plus, l'emploi d'éléments radioactifs dans les biens de consommation s'est considérablement développé: par ex. radium puis tritium dans les cadrans lumineux des montres et des instruments, uranium dans les couleurs, la verrerie ou les masses dentaires, thorium dans les verres optiques, dans les baguettes de soudure et les manchons pour lampes à gaz, ainsi que divers radionucléides dans les paratonnerres et les détecteurs de fumée. Enfin, des radionucléides sont aussi utilisés dans des processus de fabriquation (par ex. mesures d'épaisseur, indicateurs de niveau, dispositif antistatique). Pour le transport aérien, le niveau élevé des radiations cosmiques constitue une possibilité d'irradiation supplémentaire incombant à la civilisation. Parmi les autres sources de radiations, relevons les appareils de radiographie utilisés pour le test des matériaux dans l'industrie ou le contrôle des bagages dans les aéroports ainsi que les téléviseurs couleurs.

Les radiations ionisantes peuvent provoquer des lésions dans les cellules humaines, animales et végétales. Quand des radiations ionisantes traversent des matériaux biologiques, elles y abandonnent leur énergie principalement sous forme de chaleur. Ces radiations peuvent aussi entraîner la rupture de liaisons de covalence ou la radiolyse de l'eau conduisant à la scission des molécules en radicaux libres. Ceux-ci sont alors responsables de l'altération du fonctionnement des processus biochimiques dans la cellule. Les radiolésions subis par les principaux composants du noyau cellulaire (molécules d'ADN), qui constituent le rouage majeur de la synthèse protidique (production de protéines), indispensable à la survie cellulaire, ou les modifications de leur structure (mutations) peuvent induire des nuisances à la santé, perceptibles au niveau des organes ou même au niveau de leur descendance (dommages génétiques). Cependant de tels effets nocifs sur les êtres vivants sont aussi provoqués par les nombreux composants chimiques de notre environnement et ce dans une bien plus large proportion: ils sont pour cette raison qualifiés de "spontanés". En outre la plupart des lésions de l'ADN sont rattrapées par des processus enzymatiques de réparation. A cette réparation s'ajoutent les effets de la sélection car les imperfections génétiques ne sont le plus souvent pas vitales. Cette sélection empêche les dégénérescences malgré l'irradiation naturelle et les perturbations chimiques ou autre en favorisant l'adaptation aux nouvelles conditions imposées par l'environnement.

1.2. La surveillance de l'exposition aux radiations

En Suisse, les instances de contrôle compétentes à la protection des personnes dans les installations et entreprises fabriquant, traitant ou utilisant des substances radioactives sont l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), la Caisse nationale suisse d'assurance (CNA) et la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN). L'OFSP contrôle les entreprises médicales, les instituts de recherche et d'enseignement auprès des universités ainsi que les autres centres de formation. La CNA contrôle les entreprises industrielles, les ateliers de posage de peintures luminescentes, les entreprises commerciales, les entreprises de recherche, de production et d'administration de la Confédération, des Cantons et des Communes, les entreprises de transport public et privé, les pharmacies et les laboratoires d'analyses médicales. La DSN contrôle les centrales nucléaires et les autres installations nucléaires.

Les organes de contrôle compétents peuvent fixer des limites de rejets pour chaque entreprise produisant ou traitant des matières radioactives. Les prescriptions sur les rejets pour les centrales nucléaires reposent sur une directive commune de la DSN, de la Commission fédérale pour la sécurité des installations nucléaires et de la CFSR. Selon cette réglementation, aucune personne de la population de l'environnement ne doit recevoir plus de 20 mrem/an par les rejets d'une centrale nucléaire.

La CFSR surveille la radioactivité de l'environnement, surtout dans le voisinage des entreprises et des installations citées plus haut. Elle mesure aussi la radioactivité répandue sur l'ensemble du globe à la suite des explosions atomiques et celle imcombant à l'industrie nucléaire. Elle participe aux mesures de l'augmentation de la radioactivité naturelle conditionnée par la civilisation. Sur la base des mesures, elle déduit les doses d'irradiation de la population dont elle apprécie l'importance du point de vue de la radioprotection.

Le plan de prélèvement d'échantillons et de mesure, élaboré par la CFSR, permet conjointement à la détection des radionucléides naturels, 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 naturelle de l'environnement ainsi que de celle issue de la civilisation; elle permet en outre d'estimer les doses qui en résultent pour la population.

Tant que les accroissements de la dose engendrés artificiellement se tiennent à une fraction des doses naturelles, ou même, sont faibles par rapport aux variations locales et temporelles de la dose naturelle, ils peuvent être considérés comme inoffensifs du point vue sanitaire.

Des efforts particuliers sont à poursuivre dans le but de déterminer les doses d'irradiation occasionnées par le radon à l'intérieur des maisons pour l'ensemble de la Suisse dans l'éven-

tualité de procéder à des mesures d'assainissement pour des cas où des doses seraient fortement accrues.

1.3. Les limites d'irradiation

La réglementation suisse actuelle, aussi bien pour l'irradiation de la population que pour celle des personnes professionnellement exposées aux radiations, a été définie en s'inspirant, comme dans la plupart des pays, des recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). L'Ordonnance suisse concernant la protection contre les radiations (OPR) fixe les doses maximales admissibles en cas d'irradiation du corps entier comme suit:

personnes professionnellement exposées aux radiations:	5000 mrem par an
individus de la population:	500 mrem par an.

Selon l'article 107 de l'OPR, les substances radioactives évacuées par des installations dans l'atmosphère ne doivent produire en aucun endroit accessible au public des concentrations moyennes annuelles dans l'air provoquant 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. Cette limitation admet comme hypothèse l'utilisation exclusive de l'effluent (eaux publiques ou canalisations dans lesquelles se font les rejets) comme eau potable. L'article 28 exige finalement que: "Chacun est tenu d'éviter toute irradiation inutile de personnes".

Dans son nouveau concept publié en 1977 [1] (voir appendice I), la CIPR propose pour les personnes professionnellement exposées aux radiations la limitation de l'équivalent de dose effectif c.-à-d. de la somme pondérée des différentes doses aux organes à 5000 mrem/an. Auparavant la dose était limitée dans l'organe critique. En plus, la CIPR recommande qu'aucun organe ne doit recevoir plus de 50 rem/an. S'il s'agit d'individus de la population, la Commission opte pour ne prendre comme limite que le dixième des valeurs indiquées pour les personnes professionnellement exposées aux radiations, règle déjà en vigueur dans l'OPR. Dans ses recommandations les plus récentes, la CIPR propose que la limite de 500 mrem/an doit être utilisée exclusivement dans des cas particuliers et qu'en moyenne sur une longue période l'exposition additionnelle des individus de la population ne doit pas dépasser 100 mrem/an. Ce concept correspond dans son ensemble à celui des 50 mrem pour les effluents liquides et 50 mrem pour les effluents gazeux de l'art. 107 de l'OPR mentionné précédemment.

1.4. Grandeurs et unités utilisées

Tant que l'ordonnance suisse concernant la protection contre les radiations maintient les "anciennes" unités Ci, rad, rem etc., celles-ci seront utilisées dans nos rapports, bien que de nom-

breux pays aient adopté les "nouvelles" unités du système international (SI) Bq, Gy, Sv, etc.

L'unité de mesure pour l'activité est le Curie (Ci; 1 Ci $\hat{=}$ $3{,}7 \cdot 10^{10}$ désintégrations/s). La "nouvelle" unité correspondante est le Becquerel (1 Bq = 1 désintégration/s; 1 nCi = 37 Bq).

Souvent les unités sont précédées d'un préfixe:

(m $\hat{=}$ 10^{-3}; μ $\hat{=}$ 10^{-6}; n $\hat{=}$ 10^{-9}; p $\hat{=}$ 10^{-12}; f $\hat{=}$ 10^{-15}).

Pour les doses d'irradiation, on emploie les unités rad et rem. Les unités SI correspondantes sont le Gray (Gy; 1 Gy = 100 rad) resp. le Sievert (Sv; 1 Sv = 100 rem). Le rad (dose absorbée) est une mesure de l'énergie transférée par la radiation à la matière traversée (1 rad $\hat{=}$ 100 erg/g = 0,01 J/kg). En multipliant la dose absorbée par un facteur de qualité Q (celui-ci tient compte de la densité d'ionisation de la radiation; pour les rayonnements X, β et γ: Q = 1; pour les particules α et les neutrons: Q = 20), on obtient l'équivalent de dose en rem. Cette grandeur est une mesure de l'effet biologique de la radiation. Indépendamment du type de radiation un même nombre de rem produit les mêmes effets biologiques. La somme des équivalents de dose des organes, pondérée par la radiosensibilité de ces derniers, conduit à l'équivalent de dose effectif. Cette grandeur remplace dans un certain sens la notion de "dose au corps entier" utilisée auparavant dans l'OPR.

Lorsqu'aucune remarque n'est spécifiée, les erreurs sur les mesures données dans ce rapport représentent l'écart-type standard.

2. SURVEILLANCE GENERALE

2.1. Air

2.1.1. Radioactivité artificielle de l'air (Tab. 1)

La radioactivité artificielle associée aux aérosols provenant des essais nucléaires n'a pratiquement plus été mesurable en 1984 (césium-137: < 0,05 fCi/m^3).

Les activités d'argon-37 (T1/2 = 35 jours) dans l'air mesurées en 1984 ont varié entre 30 et 240 fCi/m^3, avec une augmentation à 1400 fCi/m^3 en fin d'année (niveau naturel ≈ 10 fCi/m^3). Elles proviennent en grande partie de sources artificielles, telles que les explosions nucléaires souterraines et l'industrie nucléaire. Pour le krypton-85 (T1/2 = 10,3 ans), incombant principalement aux usines de retraitement des combustibles irradiés, les mesures ont fluctué entre 21 et 26 pCi/m^3. Par rapport à la valeur d'env. 17 pCi/m^3 de 1977/78 l'augmentation est significative. Il y a d'autres radioisotopes artificiels à vies longues dispersés dans l'air à l'échelle mondiale: le tritium (T1/2 = 12 ans), le carbone-14 (T1/2 = 5730 ans) et l'iode-129 (T1/2 =

$1,7 \cdot 10^7$ années); ils sont issus des anciennes explosions atomiques et aussi de l'industrie nucléaire. Une diminution des concentrations du carbone-14 et du tritium répandus dans l'atmosphère a été observée.

Ces nucléides occasionnent une dose d'irradiation par inhalation inférieure à 0,1 mrem/an (ingestion du carbone-14 voir paragraphe 2.1.3.)

2.1.2. Radionucléides naturels à vies courtes présents 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 (T1/2 = 3,8 jours), un produit de désintégration du radium-226 de la chaîne radioactive uranium-radium et de ses produits de filiation à vies courtes (émetteurs alpha, bêta et gamma). Leur activité dans l'air dépend de la saison, des conditions météorologiques et de la composition du sol; elle s'élève à quelques centaines de pCi/m^3, en moyenne 100 à 200 pCi/m^3.

Le radon-220 (T1/2 = 53 sec.), issu de la série du thorium, et ses produits de filiation à vies courtes présentent des activités inférieures en moyenne d'un facteur 10 à celles du radon-222 resp. de ses produtts de filiation.

2.1.3. Radionucléides naturels à vies longues

Les deux radionucléides naturels à vies longues contenus dans l'air proche du sol, le plomb-210 (émetteur bêta; T1/2 = 22,3 ans) et le polonium-210 (émetteur alpha; T1/2 = 138 jours), tous deux produits de filiation du radon-222, présentent des concentrations de 10 à 20 fCi/m^3 (Pb-210) resp. de 3 à 5 fCi/m^3 (Po-210). La dose d'irradiation causée par l'incorporation de ces deux nucléides à travers l'alimentation vaut d'après la référence [4] 13 mrem/an; la dose engendrée par l'inhalation de ces nucléides est bien moindre.

Le béryllium-7 (T1/2 = 53 jours) créé par le rayonnement cosmique s'associe à des aérosols. Sa teneur moyenne de 70 fCi/m^3 (minimum en hiver d'env. 30 fCi/m^3, maximum en été d'env. 110 fCi/m^3) produit des doses négligeables.

1 g de carbone, présent dans l'air sous forme de CO_2, contient environ 8 pCi du radioisotope naturel carbone-14 (T1/2 = 5730 ans) créé par le rayonnement cosmique. Son assimilation dans les feuilles et les jeunes pousses des plantes occasionne avant tout à travers l'alimentation une dose au corps entier de 1,3 mrem/an. Les valeurs obtenues sur des échantillons de feuilles d'arbres (v. chap. 3.3.7.) se situent actuellement environ 22% au-dessus du niveau naturel. Cette composante qui décroît annuellement d'environ 1 à 2% 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 dans les habitations

La contribution prépondérante à l'irradiation interne, c'est-à-dire à l'exposition due aux radionucléides incorporés, est causée par les produits de filiation du radon-222. En tant que gaz rare avec une période radioactive de 3,8 jours, le radon s'échappe partiellement du sol et des matériaux de construction qui contiennent du radium-226 (T1/2 = 1600 ans) et se répand dans l'atmosphère; ses produits de filiation (émetteurs alpha, bêta et gamma) s'associent aux aérosols. Par la respiration ceux-ci se déposent dans les bronches et le tissu pulmonaire. Ainsi, surtout la désintégration alpha des nucléides de filiation polonium-218 (T1/2 = 3,05 min.) et polonium-214 (T1/2 = 0,16 msec.) provoque une irradiation des organes respiratoires. Au contraire du radon les descendants de celui-ci se déposent en partie sur le sol, à l'intérieur des maisons également sur les parois, ce qui provoque dans l'air de respiration un appauvrissement de 20 à 50% des nucléides de filiation par rapport au radon.

A l'intérieur des bâtiments la concentration du radon et de ses produits de filiation, et par conséquent l'irradiation qui en résulte, sont souvent notablement plus élevées qu'en plein air. Cela s'explique par le fait que le radon s'échappant principalement du sol parvient par la cave dans les locaux d'habitation et s'accumule surtout dans les pièces bien calfeutrées. D'autre part, certains matériaux de construction contiennent du radium et le radon qui est formé émane dans l'air des maisons.

La teneur en radon à l'intérieur des habitations ne dépend pas uniquement de la géologie de l'endroit et du type de construction, mais aussi de l'aération des pièces et des conditions météorologiques.

Depuis 1981 la section de surveillance des radiations de l'IFR, en collaboration avec la CFSR à partir de 1983, a procédé à des enquêtes sur le niveau de radon à l'intérieur des maisons en Suisse. Les résultats de la première campagne de mesures de 1981/82, principalement dans des maisons à une famille, ont été compris entre 400 et 100'000 pCi/m^3 avec une forte prédominance des valeurs entre 500 et 2000 pCi/m^3. La moyenne s'est située à 1500 pCi/m^3. Les mesures du semestre d'hiver 1983/84, surtout dans des maisons à plusieurs familles, quelques établissements scolaires, bureaux et hôpitaux de différentes agglomérations suisses ont livré en moyenne env. 1000 pCi/m^3 dans les locaux d'habitation avec des valeurs comprises entre 300 et 4800 pCi/m^3; dans les caves la moyenne s'est élevée à 4200 pCi/m^3 avec des valeurs fluctuant entre 400 et 30'000 pCi/m^3. Seules de faibles différences entre les agglomérations ont été observées; aucun effet d'étage n'a été remarqué. Toutefois dans l'ensemble le domaine de fluctuation des activités a été moindre pour les maisons à plusieurs familles dont les valeurs sont en moyenne inférieures d'un facteur trois à celles obtenues dans les maisons à une famille. Dans un certain nombre d'habitations, les mesures ont été reconduites en été 1984 et ont présenté des concentrations en radon en moyenne env. 25% en-dessous de celles déterminées dans les locaux correspondants en hiver en raison de l'aération plus importante en période estivale.

Une nouvelle campagne effectuée en hiver 1984/85 a donné les résultats suivants:

Région	Nombre de maisons	Locaux d'habitation et de séjour pCi/m³		Caves pCi/m³	
		Moyenne	Domaine des valeurs	Moyenne	Domaine des valeurs
St-Gall (Ville)	4	700	500- 1200	1200	1000- 1300
St-Gall (Canton)	12	3600	500- 7900	6100	900- 20000
Winterthur	7	1400	1000- 4000	1600	1000- 2100
Suisse centrale	5	2000	700- 3900	11000	2700- 20000
Oberland bernois	5	1800	600- 4000	2900	900- 6000
Fribourg (Pays)	2	1000	700- 1200	2500	900- 4000
Région Jura (sans La Ch.-d-F.)	9	3000	900- 8700	10000	2400- 27000
Valais	6	2900	800-13000	2500	2000- 2900
Tessin	31	2400	800-26000	9300	1600- 91000
Coire (Ville)	3	1200	900- 1600	3200	1000- 5400
Grison (Vorderrhein et Engadine)	18	7200	1800-29000	47400	2000-134000

Les valeurs mesurées pour le Plateau Suisse sont sensiblement identiques à celles des concentrations obtenues en hiver 83/84. Pour la région des Alpes les résultats sont en partie bien plus élevés. Les concentrations accrues et les plus grandes fluctuations des valeurs dans d'autres régions dépendent probablement d'une teneur plus importante en radium dans le sol (granit, gneiss) partiellement aussi de l'utilisation du granit dans la construction des maisons ou encore de la porosité du sol.

L'examen de 296 habitations par l'IFR et la CFSR permet de déterminer une moyenne pondérée de la concentration du radon pour la population suisse légèrement supérieure à la moyenne de 1250 pCi de radon par m³ donnée dans le rapport annuel de 1983. Les enquêtes relatives au problème du radon dans les habitations se poursuivent. A partir des résultats actuellement à disposition,

une valeur moyenne de l'équivalent de dose effectif pour la Suisse de 160 mrem/an (y inclus env. 10 mrem/an provenant du radon-220 à courte durée de vie avec produits de filiation) peut être provisoirement adoptée. Les résultats des mesures reportés dans le tableau précédent mettent en évidence un large domaine des valeurs des concentrations du radon.

Conformément aux considérations sur les taux de respiration et les durées de séjour dans les maisons, indiquées aux pages 66 et 67 du rapport annuel 1982, et sur la base des recommandations internationales [4], la CFSR adopte un facteur de 100 mrem/an pour 1000 pCi de radon-222 par m^3 d'air pour la conversion de la concentration en radon dans les habitations en un équivalent de dose effectif. Comme le facteur de pondération pour le poumon, donné par l'ICRP est 12%, la dose au poumon est 8 fois supérieure à l'équivalent de dose effectif correspondant.

Le radon et ses produits de filiation produisent principalement une irradiation des organes respiratoires; la dose génétique est négligeable. Les enquêtes sur les cancers broncho-pulmonaires chez les mineurs montrent que d'importantes concentrations en radon dans l'air des mines d'uranium déclenchent ces cancers. Des extrapolations du risque d'induction de cancers pulmonaires suite à l'inhalation des produits de filiation du radon dans les habitations, où le niveau de radon mesuré est en moyenne bien inférieur, sont toutefois incertaines et ne permettent que d'estimer l'importance du risque. Il ne faut pas oublier l'existence d'agents cancérigènes autres que le radon (p. ex. le tabac, la pollution de l'air etc.).

2.2. Précipitations (Tab. 2)

L'activité bêta totale des échantillons de précipitations de 7 stations Cernier/NE, Davos, Fribourg, Gösgen-Däniken, Leibstadt, Locarno et La Valsainte a été en moyenne de 2 pCi/litre (5 pCi/litre maximum). L'activité bêta totale déposée par km^2 s'est élevée à 2,5 mCi en 1984 comme en 1983; elle est principalement constituée des produits de filiation à vies longues du radon-222. L'activité déposée sous forme de poussière à Locarno, évaluée à 0,4 mCi/km^2 en 1984, s'est élevée à env. 15% de celle déposée par les précipitations.

La teneur en tritium des précipitations à toutes les stations non influencées par des rejets d'entreprises a été en moyenne inférieure à 120 pCi/litre (maximum 300 pCi/litre). Ce contenu en tritium provient encore en grande partie des explosions nucléaires dans l'atmosphère des années 60. La composante naturelle de tritium correspond à env. 20 pCi/litre. Avec une moyenne annuelle de 360 pCi/litre, la station de Berne reste celle à la teneur en tritium la plus élevée de part l'influence des entreprises traitant du tritium dans cette région. De même le contenu en tritium des précipitations s'avère plus élevé à la station de l'IFR. Les doses occasionnées par le tritium sont sans importance.

2.3. Eaux superficielles (Tab. 3; Fig. 1, 2)

Les résultats des mesures alpha totale, bêta totale et tritium des échantillons instantanés et cumulatifs des différentes eaux superficielles en Suisse sont présentés dans le tableau 3. Aucune valeur accrue n'a été observée et aucune différence n'a été constatée par rapport aux prélèvements correspondants de l'année précédente. Alors que les valeurs mesurées alpha totale et bêta totale relèvent principalement de la radioactivité naturelle, le contenu en tritium des eaux superficielles provient encore en grande partie des essais d'armes nucléaires passés. Le Doubs dont la concentration en tritium est partiellement accrue du fait des rejets en tritium dans la région de La Chaux-de-Fonds constitue toujours une exception.

2.4. Terre et herbe (Tab. 4)

Les activités en strontium-90 et césium-137 dans la terre et l'herbe des différents points de prélèvement ont été comparables à celles de l'année précédente. Ces deux nucléides proviennent exclusivement des explosions nucléaires dans l'atmosphère. De nouveau, les concentrations en strontium-90 et en césium-137 à Davos-Stillberg ont été nettement supérieures à celles mesurées sur le Plateau Suisse, ce qui s'explique par les différences d'une part des conditions météorologiques et d'autre part des propriétés physiques et chimiques du sol.

Les traces de césium-137 actuellement présentes dans le sol, occasionnent 1 m au-dessus de celui-ci une dose ambiante de l'ordre de 1 mrem/an. La contribution majeure à la radioactivité du sol et de l'herbe provient toutefois des radionucléides naturels, l'uranium, le radium, le thorium, le potassium, etc.; la dose ambiante qui en résulte 1 mètre au-dessus du sol s'élève pour le Plateau Suisse à env. 40 à 50 mrem/an.

2.5. Lait, céréales et autres denrées alimentaires (Tab. 5)

Ces aliments sont contrôlés par échantillonnage en étroite collaboration avec la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires (CRDA). La composante prépondérante de l'activité dans ces échantillons provient du potassium-40 naturel.

L'activité en césium-137 du lait des stations du Plateau a été inférieure à 5 pCi/litre. Seuls les échantillons de lait de Davos-Stillberg, Pontresina et Mürren ont présenté comme déjà au cours des années précédentes une teneur en césium-137 se situant entre 20 et 30 pCi/litre. Les concentrations moyennes en strontium-90 ont été de 3,6 pCi/litre sur le Plateau, 17 pCi/litre à Davos-Stillberg, 23 pCi/litre à Mürren et 7 pCi/litre au Tessin.

Dans le froment de la moisson 1984, provenant de plusieurs régions au nord des Alpes, du Tessin et des environs des centrales nucléaires, la teneur en césium-137 a été en général inférieure à 5 pCi/kg, celle du strontium-90 en moyenne de 15 pCi/kg.

En ce qui concerne la radioactivité, toute les denrées alimentaires examinées étaient irréprochables pour la consommation. Un complément d'information dans ce domaine se trouve dans le rapport Trav. chim. aliment. hyg. Vol. 76/4, 1985 de la Communauté de surveillance de la radioactivité des denrées alimentaires.

Dans plusieurs pays européens les denrées alimentaires et d'autres biens de consommation (p. ex. du matériel médical comme les seringues, les ampoules, les produits pharmaceutiques etc.) sont stérilisés par radiations. La stérilisation sous radiations de la nourriture permet de tuer les bactéries et d'empêcher la germination (p. ex. pour les pommes de terre et les oignons) donc de prolonger la conservation des aliments. Pour ces applications on utilise généralement des installations d'irradiation de cobalt-60; les doses délivrées vont de 10 à quelques centaines de krad. Le rayonnement gamma appliqué de 1,3 MeV n'induit pas de radioactivité dans les produits irradiés et de ce fait aucun problème de contamination n'est à craindre même si des rayonnements gamma d'énergie supérieure sont utilisés.

2.6. Corps humain

Comme les années précédentes, le Service cantonal de contrôle des irradiations (SCCI) à Genève a mesuré à l'anthropospectromètre 22 jeunes, filles et garçons, élèves d'un collège. La moyenne s'est élevée à près de 12 pCi césium-137/kg poids du corps. Il en résulte une dose annuelle au corps entier inférieure à 0,2 mrem/an. Comparativement les concentrations moyennes en potassium-40, soit 1900 pCi/kg chez les hommes et 1400 pCi/kg chez les femmes, occasionnent une dose au corps entier de 16 respectivement 13 mrem/an.

La détermination du strontium-90 dans les vertèbres de 22 adultes décédés de la région lausannoise a donné en 1984 un rapport moyen converti pour le squelette de 0,56 pCi strontium-90/g calcium. Cette valeur qui correspond à une irradiation annuelle des organes générateurs du sang de l'ordre de 2 mrem, est pratiquement constante depuis 1975; ces enquêtes seront abandonnées dès 1985.

2.7. Radioactivité et radiation ionisante des biens de consommation

Bien des matériaux et objets dont l'emploi est courant de nos jours contiennent des substances radioactives naturelles ou artificielles ou émettent des radiations ionisantes contribuant ainsi à l'exposition de leurs utilisateurs.

Pour réaliser les cadrans et aiguilles lumineux des montres et des réveils, on utilise aujourd'hui le tritium; l'emploi du prométheum-147 est rare, alors que le radium-226 n'est plus traité pour la fabrication de peintures luminescentes. Le tritium produit des rayons bêta très peu pénétrants, totalement absorbés par le boitier de la montre; toutefois env. 5% du tritium diffuse par an hors du boitier de la montre, ce qui peut conduire à une exposition additionelle de celui qui la porte par l'air respiré ainsi que par contact épidermique.

Les sources lumineuses au tritium gazeux fabriquées en Suisse sont presqu' exclusivement destinées à l'exportation. De telles sources servent par exemple à l'éclairage d'instruments et d'enseignes. Les ampoules de verres sont certes plus épaisses que pour les montres, mais leur contenu en tritium est aussi plus important; un danger n'est constitué que lorsque de tels tubes se brisent et permettent l'échappement du tritium.

Parmi les autres objets utilitaires contenant des radionucléides citons les détecteurs de fumée, parfois les paratonnerres, les dispositifs antistatiques, les préionisateurs pour l'amorçage instantané des brûleurs, l'uranium dans la porcelaine dentaire, la verrerie, la céramique et le carrelage, le thorium dans les verres de lunettes et les verres optiques, dans les manchons pour lampes à gaz, dans les baguettes de soudure et les alliages, enfin aussi le sodium-22 respectivement le cobalt-60 dans le contrôle de fabrication du verre respectivement de l'acier.

Certains éléments de construction contiennent aussi selon leur provenance des matières premières traitées de l'uranium, du radium, du thorium et du potassium. De même le charbon renferme des radionucléides naturels libérés lors de sa combustion. Une irradiation additionnelle à ne pas ignorer, inhérente à la consommation du tabac, est principalement due à l'inhalation du polonium-210; ce radionucléide qui se dépose sur les feuilles de tabac à partir de l'air devient volatil dans la cigarette allumée et consécutivement à l'inhalation parvient au poumon.

La radiation cosmique accrue lors des vols à haute altitude, les appareils de radiographie, le contrôle des bagages dans les aéroports, le microscope électronique, les tubes redresseurs à haute tension etc. constituent des sources d'irradiation supplémentaires.

Les doses imcombant à ces sources de rayonnement sont difficiles à estimer et ne devraient pas dépasser en moyenne 10 mrem/an.

3. CENTRALES NUCLEAIRES (en collaboration avec la Division principale de la sécurité des installations nucléaires, [DSN])

3.1 Aperçu

En fonctionnement normal les centrales nucléaires (CN) rejettent principalement dans l'atmosphère des gaz rares radioactifs, d'autres effluents gazeux et de la radioactivité associée à des aérosols, d'autres encore volatils comme les isotopes de l'iode, du carbone-14 et du tritium. A l'exception des gaz rares, les matières radioactives qui sont dispersées dans l'environnement peuvent se déposer 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 substances radioactives rejetées dans l'environnement occasionnent une irradiation externe des personnes qui séjournent au voisinage des CN; cependant l'incorporation de ces rejets par l'air respiré, l'eau potable et la nourriture peut aussi provoquer une irradiation interne des personnes.

Les limites de rejet pour les CN sont fixées sur la base de la directive R-11, selon laquelle aucune personne de la population avoisinante ne doit recevoir une dose supérieure à 20 mrem/an due aux immissions de la CN. Dans l'autorisation d'exploitation, l'exploitant d'une CN a l'obligation de mesurer de manière continue les diverses 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 laboratoires 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 CN (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. Un tel rayonnement direct n'a d'effet que dans une zone restreinte à l'extérieur de la clôture dans le voisinage immédiat de la CN et décroît rapidement avec la distance. Selon R-11, on procédera à une limitation supplémentaire de ce débit de dose ambiante, si la dose accumulée annuelle d'individus de la population, par toutes les voies d'irradiation, devait dépasser 30 mrem, compte tenu des données locales et de la durée prévisible d'exposition au rayonnement direct.

Pour fixer les limites des émissions et calculer l'irradiation due aux rejets d'une CN, on utilise des modèles mathématiques qui tiennent compte de la dispersion des matières radioactives dans l'environnement, du transfert dans les plantes et la nourriture, et de l'absorption dans le corps humain. Ces modèles prennent en considération les connaissances météorologiques et topographiques du site ainsi que les habitudes alimentaires de la population. Le calcul des doses pour des radionucléides isolés ou mélanges de radionducléides à partir des activités mesurées ou calculées se fonde sur les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) en tenant compte autant que possible des conditions réelles. Cela n'est pas toujours possible, si bien que pour certaines estimations de doses les conditions les plus défavorables doivent être adoptées. En procédant de la sorte, l'irradiation de la population peut être nettement surrestimée par rapport à la réalité.

Le contrôle des émissions des CN est complété par la surveillance de la radioactivité de l'environnement. Ainsi les doses calculées causées à la population par les rejets peuvent être vérifiées par des mesures. La surveillance de l'environnement comprend la mesure de la dose ambiante en plusieurs points et de la radioactivité de tous les maillons importants de voies d'irradiation, partiellement en continu, partiellement par échantillonnage, selon un plan 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 précipi-

tations, 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 sporadiquement par des mesures par échantillonnage de la CFSR.

A partir des mesures des émissions, en liaison avec les calculs de dispersion et de dose, et sur la base des résultats de la surveillance de l'environnement, il est possible d'évaluer les doses aux personnes de la population environnante et de vérifier si la limite de dose de 20 mrem/an est respectée.

Toutefois une surveillance exempte de toute lacune n'est pas possible. Les expériences de la CFSR ont cependant confirmé qu'une limitation aux principales voies d'irradiation et à un nombre restreint mais habilement choisi d'endroits pour les prélèvements et mesures continus, complétée par l'analyse d'échantillons provenant de milieux où s'opère une accumulation (sol, plantes, nourriture, sédiments, plantes aquatiques, poissons) et par le contrôle des émissions, garantit une surveillance avec laquelle des immissions inadmissibles ne passent pas inaperçues.

Pour évaluer les effets d'une CN sur l'environnement, des mesures de radioactivité et de doses ambiantes sont effectuées dans son voisinage dans le cadre du constat radiologique précédent sa mise en service. Les mesures entreprises pour établir le constat radiologique pour la CN de Leibstadt, qui avait atteint le premier état de criticité le 9.3.84 et dont l'entrée en fonction à pleine puissance a eu lieu fin 1984, ont duré près de 5 ans. Comme la CNLE est située à la frontière avec l'Allemagne, il existe dans le cadre de la Commission germano-suisse pour la sécurité des installations nucléaires des contacts permanents au niveau de la surveillance de l'environnement dans le voisinage de la CN de Leibstadt.

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 annuels admissibles d'après le règlement sont rassemblés au tableau 6. En 1984 les rejets annuels et les doses qui en résultent pour la population avoisinante ont été nettement inférieurs aux limites prescrites dans l'autorisation d'exploitation.

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 7 et 8. En 1984 les premiers prélèvements d'eau de rejet ont été effectués à la CNLE.

Les résultats des mesures parallèles (Tab. 9-12) opérées par la DSN et la CFSR en 1984 ont montré une concordance satisfaisante avec les mesures faites par les exploitants.

D'après les obligations relatives à la limitation des rejets stipulées dans les autorisations d'exploitation, l'activité vo-

lumique dans le tank de rejet resp. dans le bassin de contrôle ne doit pas dépasser lors du rejet les valeurs suivantes.

	CNM	CNL	IFR	CNB	CNG	CNLE
Limite stipulée dans l'autoristion d'exploitation (C_W)	10	10	10	10	5	5
Valeurs mesurées dans les échantillons prélevés en 1984 (C_W)	<0,4	<0,01	<0,04	<1,4	$<10^{-4}$	$<10^{-4}$

(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, engendrerait les doses maximales admissibles pour les personnes professionnellement exposées aux radiations selon l'OPR).

La concentration dans les 12 échantillons composés mensuels provenant des tanks d'eaux résiduaires de la CNM a toujours été inférieure à 1 C_W. Pour les échantillons provenant de l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens, les concentrations maximales des eaux de rejet se sont élevées à 77 pCi de césium-137/litre, 18,5 pCi de strontium-90/litre et 0,012 µCi de tritium/litre.

D'après les indications de la DSN aucune activité notable n'a été rejetée avec les eaux usées des réacteurs expérimentaux de l'EPF Lausanne et des universités de Bâle et Genève. L'analyse d'échantillons a confirmé cette constatation. Les échantillons des eaux de rejet de la zone contrôlée de l'Institut de Génie Atomique de l'EPF Lausanne ont donné:

Date	Echantillon	Tritium nCi/litre	Emetteur gamma pCi/litre
1. 3.84	Eau de rejet de la zone controlée	135±10	Na- 22: 28±2
10. 7.84		17± 2 }	aucun émetteur gamma identifié
15.10.84		48± 2 }	

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 de cartouches au charbon actif (pour la détermination des rejets d'iode) (Tab. 13, 14).

Les rejets avec les effluents gazeux ont été en 1984 eux aussi bien inférieurs aux limites prescrites dans l'autorisation d'exploitation.

D'après une estimation de la DSN et sur la base de mesures par échantillonnage, les rejets de carbone-14 dans les effluents gazeux des CN (à pleine puissance) s'élèvent à: CNB I et II env. 1

Ci/an; CNM env. 5 Ci/an; CNG env. 3 Ci/an; CNLE (ne fonctionnant pas encore à pleine puissance en 1984) env. 12 Ci/an et pour le réacteur Saphir de l'IFR moins de 0,2 Ci/an. Pour les réacteurs à eau sous pression (CNB et CNG) seulement env. 50% du carbone-14 sont rejetés sous forme assimilable de CO_2. Toujours selon des estimations de la DSN, les rejets de tritium dans les effluents gazeux sont de l'ordre de 40 Ci/an aux CNB I et II, d'env. 10 Ci/an à la CNM, d'env. 100 Ci/an à la CNG et de l'ordre de 30 Ci/an à la CNLE.

3.3. Surveillance au voisinage des installations nucléaires

3.3.1. Doses ambiantes

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 trimestrielles obtenues est de l'ordre de 20%. En 4 points au voisinage de chaque CN, la CFSR a installé ses propres TLD en plus de ceux de l'exploitant. Les résultats de la surveillance à l'aide des TLD sont reportés dans le tableau 15a.

Comme le montre ce tableau, la concordance entre les valeurs obtenues par la CFSR et celles de l'exploitant aux mêmes points est bonne compte tenu de la marge d'erreur.

Les mesures ont montré des variations des doses ambiantes annuelles d'un site à l'autre de centrale nucléaire (voir tab. 17) et au voisinage de chacune d'entre elles jusqu'à 30%. Ces différences sont imputables principalement à la composition différente du sol et, pour certains points de mesure, à la proximité de bâtiments. Les doses ambiantes et leurs variations temporelles dépendent en outre de facteurs météorologiques comme la température, les précipitations, l'humidité ou l'enneigement du sol. En admettant que les influences de la météo, de la calibration et de la méthode d'évaluation sur les résultats des TLD soient identiques dans le voisinage d'une CN au long d'un trimestre, un traitement approprié des données des résultats permet de déterminer plus précisément d'éventuelles contributions à la dose d'irradiation dues aux rejets de la CN. Il serait ainsi possible de constater des doses additionnelles de quelques mrem/an incombant aux rejets des CN, et ce malgré les dispersions bien supérieures des valeurs brutes mesurées (±10 à ±15 mrem/an). Dans le rapport annuel, si l'on excepte les zones d'influence du rayonnement direct, aucune contribution à la dose inhérente aux CN n'a été mise en évidence à la précision de mesure près (mentionnée ci-dessus).

Depuis le début de l'année 1984, la CFSR a équipé sept nouvelles stations dans le voisinage de l'Institut de Génie Atomique de l'EPF Lausanne avec des dosimètres TLD (c'est l'Insitut de Radiophysique appliquée de l'Université de Lausanne qui en effectue l'évaluation). Les doses annuelles obtenues (fond naturel inclus) ont été comprises entre 73 et 88 mrem et aucune influence mesurable incombant aux rejets de l'Institut n'est apparue.

En plus de la surveillance au moyen de TLD, des mesures de la dose ambiante ont été effectuées à l'aide de chambres à ionisa-

tion à haute pression; il s'agit là aussi bien de courtes mesures (quelques minutes) en 30 à 40 points que d'enregistrements continus sur de plus longues périodes en des endroits choisis (Fig. 3). Pour 1984, ces mesures ont donné les résultats suivants convertis en doses annuelles:

Mesures courtes (quelques minutes)
(sans les points dans la zone d'influence du rayonnement direct)

Voisinage	Date	Nombre de points	Domaine des valeurs mrem/Jahr	Moyenne mrem/an
CNM	18.7.-19.7.84	40	76-102	86±8
CNG	22. 7.84	38	66- 89	75±6
CNLE	27. 6.84	32	61- 85	74±6
CNB/IFR	29. 6.84	33	63- 91	75±6

Enregistrements continus

Centrale	Emplacement	Durée de mesure	Dose ambiante (chambre d'ionisation) mrem/an	TLD de la CFSR au voisinage de ces points mrem/an
CNM	Poste de couplage des FMB (800m ENE)	10 mois	90±8	78±8
CNM	Ufem Horn (500m O)	11 mois	102±8	83±8
CNG	Poste de couplage de 220 kV, Niedergösgen (800m ENE)	11 mois	79±7	69±7
CNLE	Full, station de pompage	11 mois	85±3	73±7
CNLE	Leibstadt-Chlämmi	11 mois	84±4	65±7

Les chambres d'ionisation permettent une mesure plus précise de la dose ambiante qu'avec les TLD; l'utilisation permanente des chambres s'avère toutefois nettement plus exigeante, ce qui explique la limitation de leur emploi à un à deux emplacements dans le voisinage de chaque CN. Comme ces appareils enregistrent en continu le débit de dose, ils permettent aussi bien de détecter les variations naturelles de ce dernier que celles dues à des rejets des CN.

3.3.2. Doses ambiantes accrues causées par le rayonnement direct

Dans le voisinage immédiat à l'extérieur de la clôture de la plupart des installations nucléaires un débit de dose additionnel provient du rayonnement direct. Pour l'année 1984 la dose nette obtenue après soustraction du fond naturel est cependant restée partout inférieure à la valeur maximale admissible de 10 mrem/semaine (500 mrem/an) pour des endroits accessibles au public, situés en dehors du terrain délimitant ces installations. De tierces personnes ne se tiennent que peu de temps à ces endroits et n'accumulent de ce fait que de faibles doses supplémentaires.

A la CNB les TLD placés le long de la clôture pour la mesure du rayonnement direct ont donné en 1984 des doses annuelles comprises entre 126 et 152 mrem/an dans le secteur NE-SE (fond naturel de 60 à 70 mrem/an inclus). Dans la partie nord de la clôture un dosimètre a montré 164 mrem/an. Aucune dose accrue n'a été observée pour les autres dosimètres placés le long de la clôture. Ces résultats le long de la clôture ont été confirmés par des mesures de la DSN effectuées à l'aide d'appareils portables.

A la clôture située au NE du terrain de l'IFR, à proximité du dépôt de déchets et du terrain d'excercice de l'école de radioprotection, des doses ambiantes jusqu'à 180 mrem/an (fond naturel inclus) ont été enregistrées (voir rapport annuel 1979, p. 59).

A la CNM le rayonnement direct provenant du bâtiment des machines et dû au rayonnement gamma dur de l'azote-16 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 à la clôture au sud du bâtiment des machines a été en 1984, fond naturel inclus, de l'ordre de 400 mrem/an. A partir des mesures courtes effectuées à l'aide de la chambre d'ionisation, la dose ambiante maximale calculée (fond naturel inclus) s'élève à 136 mrem/an sur le chemin forestier à Runtigenrain (env. 200 m au sud de la CNM); elle est de 240 mrem/an près de la maison de week-end située sur la rive droite de l'Aar (le fond naturel pour les points de mesure non influencés par le rayonnement direct vaut en moyenne 86±8 mrem/an). Comme l'effet du rayonnement direct décroît rapidement avec la distance et que les personnes ne se tiennent que peu de temps dans sa zone d'influence, il n'en résulte aucune dose inadmissible aux personnes.

A la CNG, où le fond naturel moyen dans l'environnement est de l'ordre de 86±12 mrem/an, tous les 10 dosimètres à thermoluminescence placés le long de la clôture ont donné, fond naturel inclus, des doses ambiantes comprises entre 68 et 99 mrem/an. Les mesures effectuées à l'aide d'une chambre d'ionisation dans le voisinage immédiat de cette centrale (à l'extérieur de la clôture) n'ont montré aucune influence du rayonnement direct.

En novembre 1984 la DSN a aussi mesuré le rayonnement direct le long de la clôture de la CNLE alors que le réacteur avait atteint sa pleine puissance nominale de 920 MWe. Les mesures converties sur une année pour une disponibilité de production de l'installation de 80% et 100% de sa puissance nominale ont donné

une dose annuelle estimée à env. 180 mrem/an, y inclus le fond naturel de l'ordre de 75 mrem/an.

Des doses ambiantes accrues causées par le rayonnement direct apparaissent aussi autour de la CNL (voir rapport annuel 1979, p. 59); toutefois, après soustraction du fond naturel, à l'extérieur de la clôture ces doses n'excèdent pas 400 mrem/an.

3.3.3. Mesures "in situ" dans le voisinage des centrales nucléaires à l'aide d'un détecteur germanium portable (Fig. 4, Tab. 16)

Encore récemment un grand nombre de mesures de surveillance de l'environnement dans le voisinage des CN se basait sur l'analyse en laboratoire d'échantillons prélevés. La fabrication de détecteurs germanium et d'analyseurs multicanaux portables offrent de nos jours la possibilité d'effectuer certaines mesures de surveillance directement sur le site ("in situ"). En plusieurs endroits aux alentours de chaque centrale le rayonnement gamma provenant de l'air et du sol est mesuré à l'aide d'un détecteur germanium 1 m au-dessus du sol. A partir des spectres accumulés en chaque emplacement durant 2 à 3 heures, les concentrations radioactives du sol peuvent être calculées pour chaque nucléide émetteur gamma qu'il soit d'origine naturelle ou provenant des rejets de CN (voir Tab. 16). Une calibration particulière du système de mesure est requise pour une telle application. La comparaison des résultats ainsi obtenus avec ceux livrés par l'analyse en laboratoire des échantillons de terre prélevés correspondants permet de tester la validité de cette méthode. Comme les mesures "in situ" donnent une moyenne de l'activité présente dans le sol sur une surface d'env. 100 m^2, elles sont en outre plus représentatives que les analyses d'échantillons en laboratoire. A partir des concentrations radioactives dans le sol, mesurées par spectrométrie gamma "in situ", il est possible de calculer le débit de dose occasionné 1 m au-dessus du sol par la radiation terrestre et de comparer les valeurs calculées à celles mesurées à l'aide d'une chambre d'ionisation (voir Fig. 4). La spectrométrie gamma "in situ", compte tenu de la sensibilité qu'elle offre, constitue avant tout aussi une méthode particulièrement appropriée à la détection des rejets d'aérosols radioactifs provenant des CN dans le domaine des limites annuelles de rejet prescrites dans l'autorisation d'exploitation.

3.3.4. Aérosols et précipitations (Tab. 2; Fig. 5)

La radioactivité des aérosols est surveillée par rétention sur des plaques de vaseline et par mesure mensuelle de l'activité bêta totale. Comme dans les précipitations, les résultats obtenus en 1984 concordent avec ceux de l'année précédente et avec les autres stations de Suisse, sauf au point de mesure auprès de l'IFR.

Les aérosols sont en outre recueillis continûment sur des filtres de cellulose et leur teneur en émetteurs gamma est mesurée mensuellement (à l'IFR hebdomadairement) à la CNG (Niedergösgen, poste de couplage 220 kV de l'ATEL), à la CNLE (Full, réservoir

d'eau près du stand de tir), et depuis novembre 1984 aussi à la CNM ("Ufem Horn").

A la station de l'IFR, des traces de césium-137 (jusqu'à 11 fCi/m^3) et de zinc-65 ainsi que d'argent-110m (quelques fCi/m^3 pour chaque isotope) ont été détectées durant les périodes du 13.3 au 13.4 et du 16.11 au 30.11.84, alors que la station d'incinération était en service (13.2-17.4 et 22.10-14.12.84). Comparativement à la même époque, seuls des concentrations en césium-137 inférieures à 0,05 fCi/m^3 ont été mesurées à la station de Fribourg.

L'activité bêta totale et la teneur en tritium sont mesurées hebdomadairement dans des échantillons de précipitations recueillis à la CNG (Niedergösgen, poste de couplage de 220 kV), à la CNLE (Full, réservoir d'eau près du stand de tir) auprès de l'IFR et depuis le mois de mai 1984 à quatre stations dans le voisinage de la CNM (exclusivement pour en déterminer la teneur en tritium). L'activité bêta totale mesurée aux diverses stations sus-mentionnées concordent avec celle de Fribourg et des autres stations de Suisse compte tenu de la précision et de la marge de fluctuation de mesure.

Quant à la teneur en tritium, seules les précipitations dans le voisinage de l'IFR présentent une concentration accrue avec une moyenne annuelle de 450 pCi/litre comparativement aux autres stations de Suisse, où la moyenne annuelle est de l'ordre de 80 pCi/litre.

3.3.5. Terre, herbes, céréales, lait (Tab. 4, 5)

Les activités dans les échantillons de terre, d'herbe, de céréales et de lait, prélevés périodiquement au voisinage des installations nucléaires, n'ont présenté aucune différence significative par rapport à celles des échantillons correspondants provenant d'autres régions du pays (voir aussi chap. 2.4. et 2.5.). Les traces de strontium-90 et de césium-137 issus de la retombée des explosions nucléaires sont encore mesurables dans tous les échantillons. La variabilité des propriétés physiques et chimiques du sol induit par exemple pour le césium-137 des différences locales jusqu'à un facteur 3 dans la terre resp. d'un ordre de grandeur pour l'herbe.

3.3.6. Eau, sédiments, plantes aquatiques, poissons (Tab. 3, 18)

Des échantillons d'eaux fluviales sont prélevés continûment en amont et en aval des installations nucléaires; leur activité bêta totale (E_β > 150 keV) est mesurée hebdomadairement; les valeurs obtenues sont le plus souvent inférieures à 10 pCi/litre, en concordance avec les mesures effectuées dans les autres eaux superficielles de Suisse. Aucune différence entre les échantillons d'eaux prélevés en amont et en aval de chaque installation nucléaire n'a été observée (voir fig. 1; Tab. 3). L'activité en tritium d'échantillons prélevés aux mêmes emplacements a varié entre 70 et 850 pCi/litre et était en moyenne de l'ordre de 200 pCi/litre (Fig. 2; Tab. 3).

Les échantillons d'eaux souterraines provenant de stations de pompage au voisinage des installations nucléaires présentaient des activités bêta totales en général inférieures à 5 pCi/litre, et des teneurs en tritium variant entre 100 et 500 pCi/litre. Ces mesures aussi 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, outre les radionucléides naturels, parfois aussi de l'iode-131, du césium-134 et -137, de l'antimoine-125, du manganèse-54, du cobalt-58 et -60, du zinc-65 etc. en concentrations jusqu'à quelques centaines de pCi/kg de matière sèche (tab. 18) ont été enregistrés. Ceux-ci proviennent partiellement des installations nucléaires; une partie du césium-137 est cependant issue de la retombée radioactive, alors que l'iode-131 est également rejeté par les hôpitaux. Du fait de l'accumulation de certains radionucléides dans de tels échantillons, ceux-ci sont des indicateurs très sensibles concernant la présence de radioactivité artificielle.

Dans les échantillons de chair de poisson (filets), à part le potassium-40 naturel (en moyenne 3000 pCi/kg de chair de poisson), seules quelques traces de césium-137 (12 à 380 pCi/kg de chair de poisson) provenant essentiellement de la retombée radioactive des essais nucléaires ont été détectées.

3.3.7. Mesures du carbone-14 dans le feuillage (Tab. 17; Fig. 6)

En 1984 la teneur en carbone-14 a été déterminée dans les feuilles de hêtres au voisinage de la CNM, de la CNG et de CNB/IFR/ISN et à Imihubel près de Niedermuhlern/BE. Le but de ces mesures est de constater si les rejets de carbone-14 (T 1/2 = 5730 ans) par les installations nucléaires provoquent une augmentation de la concentration de ce nucléide dans les plantes du voisinage.

A la station de référence (Imihubel/BE), la concentration du carbone-14 a été en 1984 encore 220‰ supérieure à la valeur naturelle (1983, 240‰). Cette teneur généralement accrue provient des retombées consécutives aux explosions nucléaires dans l'atmosphère des années 60 et diminue chaque année en moyenne de 20‰ environ compte tenu de l'échange du CO_2 de l'atmosphère avec les océans.

5 échantillons provenant du voisinage de la CNM et de la CNG ont donné des valeurs du carbone-14 d'une part comme à la station de référence et d'autre part des valeurs accrues dont le maximum s'est élevé à 120‰ (voir tab. 17). Les concentrations mesurées concordent avec des estimations basées sur les émissions de carbone-14 par ces centrales. L'irradiation supplémentaire causée par la consommation exclusive d'aliments à teneur accrue maximale en carbone-14, provenant des environs de ces centrales nucléaires, se monte à environ 0,2 mrem/an et est de ce fait négligeable.

La mesure de 5 échantillons du voisinage immédiat de l'IFR (un échantillon prélevé dans l'enceinte même de l'IFR) montre clairement que leur teneur accrue en carbone-14 incombe au réacteur expérimental SAPHIR. La cheminée peu élevée de ce réacteur ne

permet pas d'obtenir une dilution des rejets aussi bonne qu'auprès des centrales nucléaires, ce qui explique les valeurs accrues observées dans le voisinage immédiat de l'IFR (env. 1400‰ à 30 m resp. de l'ordre de 400‰ à une distance de 90 m). Les mesures de carbone-14 effectuées de 1981 à 1983 en des endroits considérablement plus éloignés (env. 300 à 400 m) fluctuaient entre 20 et 70‰. La fig. 6 montre la diminution de la concentration du carbone-14 en fonction de la distance, en accord avec les modèles théoriques. Même dans les endroits présentant les plus importantes concentrations, le carbone-14 assimilé par les arbres conduit à des doses aditionnelles inférieures aux variations du rayonnement naturel, donc sans importance. La concentration du carbone-14 est si fortement diluée dans la zone d'agriculture au NE de l'IFR que les doses supplémentaires occasionnées par la consommation des produits agricoles de cette région sont négligeables.

3.3.8. Eventuelles corrélations entre les CN et le dépérissement des forêts

Si l'on cherche à répondre à la question de savoir dans quelle mesure les émissions resp. le rayonnement direct provenant des CN suisses peuvent contribuer au dépérissement des forêts, deux aspects doivent être pris en considération: d'une part l'irradiation externe et interne additionnelle des arbres incombant aux rejets radioactifs resp. au rayonnement direct et d'autre part les effets de l'ionisation supplémentaire de l'air résultant des rejets des CN. Le meilleur étalon pour mesurer l'importance de ces irradiations additionnelles est l'irradiation resp. l'ionisation naturelle et ses variations locales et temporelles. Il convient en outre de rappeler que les arbres à feuilles et les conifères sont moins radiosensibles que l'homme.

Dose d'irradiation

Les émissions provenant des CN suisses ainsi que les résultats de la surveillance de l'environnement sont publiés depuis des années dans les rapports de la CFSR. Il s'est aussi avéré en 1984 que les doses ambiantes additionnelles occasionnées par les rejets des CN (gaz rares et aérosols) sont à peine de quelques mrem/an même dans le voisinage immédiat des centrales et restent donc inférieures aux variations des doses naturelles et bien inférieures à celles-ci.

En certains endroits du voisinage immédiat des centrales nucléaires, le rayonnement direct induit des doses accrues; les valeurs maximales ont été mesurées à la clôture des ces installations p. ex. ≈ 100 mrem/an à la CNB et de l'ordre de 300 mrem/an à la CNM. Le rayonnement direct décroît rapidement si l'on s'éloigne de la CN. Des mesures montrent p. ex. qu'à 400 m environ de la CNM l'accroissement des doses ambiantes est moins important que les variations locales inhérentes aux différences géologiques. Si des dommages aux arbres étaient causés par le rayonnement direct, ils devraient se révéler dans la zone d'influence de ce dernier bien plus importants puis fortement diminuer après quelques centaines de mètre.

Des radionucléides rejetés comme le tritium et le carbone-14 peuvent être assimilés par les plantes et ainsi conduire à une irradiation interne additionnelle. Aucune différence notable n'est apparue en 1984 dans la teneur en tritium des précipitations provenant du voisinage des CN comparativement à celles prélevées aux stations de référence. Les concentrations accrues par rapport au contenu de tritium naturel sont à attribuer en grande partie encore aux essais nucléaires des années 60. On ne peut donc s'attendre à des concentrations en tritium dans les plantes du voisinage des CN supérieures à celles des plantes d'autres régions. Comme la contribution à l'irradiation du tritium libéré par les bombes atomiques est faible, celle du tritium rejeté par les CN est tout à fait négligeable. Par contre des concentrations en tritium nettement supérieures ont été déterminées dans les précitations au voisinage d'industries traitant ce radionucléide.

Depuis 1977 les activités du carbone-14 sont mesurées dans les feuillages au voisinage des CN suisses. Alors que l'augmentation du carbone-14 par rapport au niveau naturel, occasionnée par les explosions nucléaires des années 60 est aujourd'hui encore de l'ordre de 220‰, des accroissements additionnels dont le maximum au point critique s'élève à env. 150‰ ont été mesurés dans le voisinage des CN suisses à la suite de leurs rejets de carbone-14. A quelques kilomètres des centrales les concentrations du carbone-14 ne se distinguent plus significativement de celles mesurées aux stations de référence non influencées par des rejets. La dose maximale engendrée par le carbone-14 additionnel occasionne moins de 2 pour mille de la dose naturelle totale à laquelle sont soumis en permanence les hommes et les plantes, ce qui traduit son insignifiance.

Ionisation de l'air et ses effets

On peut admettre pour les synergismes, c'est-à-dire les effets d'amplification entre la radiation ionisante et les polluants chimiques dans l'air, qu'ils sont proportionnels à long terme à la dose aussi bien pour la radiation naturelle qu'artificielle. Puisque les doses occasionnées par la radioactivité artificielle dans le voisinage des CN sont faibles par rapport à celle d'origine naturelle, les synergismes des polluants chimiques avec la radioactivité artificielle sont aussi à long terme moindres comparés à ceux avec la radioactivité naturelle.

Pour estimer des effets à court terme, il faut considérer l'ionisation de l'air directement dans le panache de sortie de la cheminée qui peut dépasser momentanément dans des cas extrêmes env. jusqu'à 1000 fois l'ionisation naturelle. Toutefois avant d'atteindre le sol les ions produits ainsi que les éléments polluants engendrés, éventuellement amplifiés par la radiation, sont fortement dilués. Leur concentration au point critique est aussi négligeable en moyenne à long terme. Dans des cas extrêmes l'ionisation additionnelle de l'air au point critique (p. ex. Ufem Horn auprès de la CNM) est à court terme au plus de l'ordre de l'ionisation naturelle, mais en moyenne nettement inférieure. Des mesures du débit de dose en ces endroits, il résulte que les plus importantes variations de l'ionisation de l'air incombent aux augmentations (d'origine naturelle) des concentrations du radon.

En outre il est important de rappeler que la radiation ionisante ne contribue que très faiblement au contenu d'éléments polluants de l'air: p. ex. la production d'ozone inhérente à la radioactivité est de plusieurs ordres de grandeur inférieure à celle occasionnée par d'autres procédés.

Conclusions

Aussi bien pour les doses d'irradiation que pour l'ionisation et leurs effets, les contributions artificielles provenant des émissions des CN suisses sont inférieures aux variations locales et temporelles des composantes naturelles, ce qui permet d'exclure sur la base des connaissances actuelles une influence sur le dépérissement des forêts.

4. INDUSTRIES, HOPITAUX ET INSTITUTS DE RECHERCHE

Des substances radioactives sont aussi utilisées resp. traitées dans des hôpitaux (médecine nucléaire), des laboratoires de recherche, des laboratoires de chimie médicale, des industries et des ateliers de posage de peintures luminescentes. Selon les données de la CNA env. 150'000 Ci de tritium sont traités par an en Suisse, dont env. 93% dans des industries, près de 7% dans des ateliers de posage de peintures luminescentes et moins de 1% dans des laboratoires de recherche. Sont aussi traités env. 1200 Ci de prométhéum, près de 12 Ci d'américium et quelques Ci de carbone-14. Les laboratoires de recherche utilisent en outre 25 à 30 Ci de technétium-99m, env. 20 Ci de carbone-14 ainsi que de l'iode-125, du chrome-51, du souffre-35, du phosphore-32 et du calcium-45 en faibles quantités (quelques Ci de chaque isotope). La CFSR ne dispose encore d'aucune donnée sur les quantités utilisées dans les hôpitaux.

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

Radium-Chemie SA, Teufen

Actuellement la Radium-Chemie à Teufen utilise presque exclusivement du tritium pour la fabrication de peintures luminescentes. Du promethéum-147 ne parvenant toutefois pas dans les eaux de rejet y est traité en faibles quantités.

Les rejets avec les eaux résiduaires se sont élevés en 1984 à 0,5 Ci (1983: 0,32 Ci). Des échantillons prélevés dans l'effluent, un bassin de décantation pour la pluie, ont présenté entre 2700 et 6300 pCi/litre de tritium. Selon l'OPR la valeur directrice pour l'augmentation d'activité dans l'effluent se situe à 300'000 pCi/litre en moyenne hebdomadaire. Les mesures des échantillons prélevés à la STEP de Teufen ont donné des concentrations en tritium comprises entre 570 et 1180 pCi/litre. L'écoulement net en tritium qui en résulte à travers la STEP peut être estimé à environ 0,4 Ci/an.

En 1984 la fabrique a rejeté 320 Ci de tritium dans l'atmosphère avec les effluents gazeux dont 280 Ci sous forme de HTO. Les immissions causées par ces rejets sont mesurées dans les précipitations 65 m à l'est de la cheminée. Dans les échantillons composés mensuels la teneur en tritium des précipitations a varié entre 10'000 et 90'000 pCi/litre. Par le passé des urines de personnes résidant dans le voisinage de la fabrique ont été analysées pour déterminer leur teneur en tritium. Ces mesures ont montré que l'exposition aux rayonnements due aux rejets de tritium avec les effluents gazeux s'élève au plus à quelques mrem/an.

La "fontaine Reifler" mentionnée dans les rapports précédents a été supprimée en 1984. La source dans le voisinage de la fabrique qui alimentait cette fontaine, s'écoule à travers un bassin de pompier souterrain dans le petit ruisseau en aval de la fabrique; les échantillons prélevés dans ce bassin ont présenté des teneurs en tritium fluctuant entre 24'000 à 210'000 pCi/litre.

Dans le petit ruisseau situé en aval de la fabrique les teneurs en tritium ont varié entre 7800 et 21'000 pCi/litre; la teneur moyenne s'est élevée à 13'000 pCi/litre; l'écoulement annuel de tritium estimé à partir de cette valeur s'élève à env. 0,3 Ci.

La concentration accrue du tritium dans l'eau de source au voisinage immédiat de la fabrique provient d'une part des anciens dépôts de déchets et de débris de construction contaminés au tritium et d'autre part des 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.

Dans les draînages des dépotoirs "Bächli" (terrain de protection civile à Teufen) et "List" (Commune de Stein), où par le passé des déchets contaminés au radium resp. au tritium et des débris de construction avaient été éliminés, les concentrations de tritium ont varié entre 68'000 à 230'000 pCi/litre resp. entre 220'000 à 240'000 pCi/litre. Des activités accrues (alpha: 10 pCi/litre, tritium: 180'000 à 630'000 pCi/litre) ont aussi été mesurées dans des échantillons provenant du trop-plein du bassin de décantation des précipitations auprès de l'ancien dépotoir de Teufen, où de nos jours se trouve le centre de protection civile de la commune. Ces draînages ne sont pas utilisés comme eau potable et s'écoulent après quelques mètres dans des ruisseaux, où par dilution, l'activité volumique s'abaisse à des valeurs insignifiantes. De même l'activité bêta-totale (128 à 542 pCi/litre; principalement du strontium-90) dans le draînage du dépotoir "Bächli" ne constitue aucune mise en danger de personnes.

MB-Microtec SA, Niederwangen/BE (Fig. 11)

En 1984 cette fabrique a rejeté 0,5 Ci de tritium (1983: 0,34 Ci) avec les eaux résiduaires. Environ 5600 Ci de tritium (1983: 3300 Ci), dont 506 Ci sous forme de HTO et le reste sous forme de HT, ont été rejetés dans l'atmosphère avec les effluents gazeux. Le contenu de tritium dans l'humidité de l'air, aussi mesuré en un point situé 200 m au NE de la fabrique, a fluctué entre 70 et 4400 pCi/m^3 (moyenne: 780 pCi/m^3). Selon l'OPR, la valeur directrice en vigueur pour le tritium sous forme de vapeur

dans l'air aux endroits accessibles à la population à l'extérieur d'industries est 33'000 pCi/m^3, ce qui conduirait à la suite d'une exposition continue à 50 mrem/an. Les doses aux personnes séjournant au voisinage de la fabrique sont au plus de quelques mrem/an.

Les mesures de tritium des échantillons prélevés dans les pluviomètres installés en 4 points du voisinage de la fabrique ont donné les résultats suivants pour l'année 1984:

Emplacement	1	2	3	4
Direction	SO	SE	NE	NNE
Distance (m)	200	300	320	180
Minimum (pCi/l)	610	270	2400	750
Maximum (pCi/l)	30000	120000	180000	100000
Moyenne pondérée (pCi/l)	9200	10200	19100	10500

Des échantillons de neige du 19.1.84 ont présenté des concentrations de tritium comprises entre 200 et 147'000 pCi/litre; le maximum a aussi été observé à proximité de l'emplacement 3. Deux échantillons provenant des eaux souterraines du voisinage de la fabrique se sont évalués à 4500 et 5200 pCi/litre tritium.

Des échantillons d'herbe et de feuilles prélevés en août 1984 près des stations 3 et 4 ont montré des teneurs en tritium de 42'000 à 66'000 pCi/litre dans l'eau des plantes.

L'analyse d'un échantillon provenant du draînage du dépotoir de Teuftal (à l'est de Berne), où s'est effectué le dépôt de terre et de débris de construction résultant de l'assainissement du terrain de la fabrique Merz & Benteli de Bümpliz, a donné les résultats suivants (en pCi/litre):

Date	Ra-226 + produits de filiation	Cs-137	Co-60	K-40
20.12.84	0,2±0,1	1,8±0,1	1,0±0,1	9,0±0,6

Cerberus SA, Männedorf et Volketswil

L'entreprise Cerberus SA traite du tritium et de l'américium-241 à Volketswil. Avec les effluents gazeux 17,5 Ci de tritium ont été rejetés en 1984; les rejets dans l'effluent liquide se sont chiffrés à 1,8 Ci de tritium et moins de 15 µCi d'americium-241. Quatre échantillons sont prélevés annuellement dans les canaux de rejet d'eaux résiduaires de chacune des deux fabriques (Männedorf et Volketswil); leur activité alpha totale, bêta totale et en tritium sont mesurées. L'activité bêta totale s'est élevée à 15 pCi/litre au maximum, et l'activité alpha totale a été inférieure à 10 pCi/litre (valeur directrice dans l'effluent pour l'américium-241 selon l'OPR: 300 pCi/litre). La teneur en tritium d'échantillons d'eaux résiduaires a varié entre 1400 et 4100 pCi/litre à Männedorf, et entre 22'000 et 210'000 pCi/litre

à Volketswil (valeur directrice dans l'effluent pour le tritium selon l'OPR: 300'000 pCi/litre).

Concernant l'incident tritium survenu en décembre 1983 dans la fabrique de Volketswil/ZH de la firme CERBERUS, au cours duquel env. 500 Ci de tritium ont été rejetés accidentellement à travers la canalisation, la teneur en tritium des eaux de la nappe phréatique de la Glatt en aval a été régulièrement analysée. A la suite de cet incident le contenu en tritium des eaux souterraines a passé de 200 pCi/litre à quelques milles pCi/litre. Alors que cette augmentation se manifestait dans certains puits déjà peu de semaines après l'incident et décroissait à nouveau rapidement, dans d'autres elle était retardée de plusieurs mois à une année. Aussi bien dans la Glatt (maximum 150'000 pCi/litre) que dans l'eau potable (maximum 3000 pCi/litre), la valeur directrice pour l'effluent selon l'OPR de 300'000 pCi/litre n'a cependant jamais été dépassée.

Dépotoirs de Trimbach/SO et de Härkingen/SO

Des échantillons des drainages de deux dépotoirs (Trimbach/SO et Härkingen/SO), où des décombres et des débris de construction de fabriques de peintures luminescentes ont entre autre été amassés, ont présenté des activités en tritium de 9800 resp. 7600 pCi/litre.

4.2. Région de La Chaux-de-Fonds

4.2.1. Tritium (Fig. 9, 10)

Les valeurs mensuelles de l'activité en tritium des précipitations prélevées aux "Anciens Moulins" à la Chaux-de-Fonds ont varié entre 360 et 1020 pCi/litre, la moyenne annuelle se situant à 550 pCi/litre (1983: 540 pCi/litre). Comparativement à la station de référence de Cernier la moyenne annuelle s'est élevée à environ 130 pCi/litre d'eau de pluie.

L'activité totale en tritium rejetée à travers la STEP de la ville de La Chaux-de-Fonds s'est montée à 350 Ci (1983: 640 Ci). Des mesures comparatives en collaboration avec la commune et la CNA ont montré que ce tritium provient en majeure partie de l'installation CRIDOR/STEN (CRIDOR = centre régional d'incinération des ordures ménagères; STEN = station d'épuration et de neutralisation des déchets liquides des entreprises industrielles). A partir des échantillons hebdomadaires des eaux résiduaires de cette installation, il est possible d'estimer l'écoulement annuel de tritium dans l'eau de rejet de la ville à 350-400 Ci. Comme le montrent les mesures de la CNA, le tritium provient principalement de l'installation de lavage de fumée de CRIDOR (env. 1 Ci/jour). Les opérations de ramassage des déchets contaminés au tritium, opérées par la CNA dans la région de La Chaux-de-Fonds, devraient empêcher qu'à l'avenir de tels déchets soient encore incinérés à CRIDOR.

Les teneurs en tritium d'échantillons provenant du drainage du dépotoir de la Sombaille ont varié entre 6400 et 590'000 pCi/litre; elles ont varié entre 1300 et 26'000 pCi/litre au dépotoir

de la Charrière. Du fait que ces eaux ne sont pas utilisées comme eaux potables et s'infiltrent sur une courte distance ou sont diluées avec de l'eau inactive, elles ne conduisent pas à une irradiation inadmissible de la population.

2 échantillons d'eau du Doubs prélevés en amont de la zone de résurgence d'infiltration d'eaux usées de la Chaux-de-Fonds ont présenté des activités en tritium situées entre 190 et 360 pCi/litre, soit à peine plus que dans les autres rivières suisses. Les concentrations en tritium se sont élevées à 560 resp. 500 pCi/litre 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 dans le Doubs après un faible parcours, ont présenté des activités en tritium allant de 2900 à 7600 pCi/litre. L'appareil automatique pour les prélèvements hebdomadaires dans le Doubs à St Ursanne a été hors d'usage en 1984.

4.2.2. Radon dans les maisons

Jusqu'en 1963, dans l'industrie horlogère de la région de La Chaux-de-Fonds, des peintures luminescentes au radium ont été traitées pour la confection des cadrans lumineux. La CNA a procédé en 1982/83 à des mesures d'assainissement dans certains anciens ateliers de posage de peintures luminescentes; parallèlement des mesures de radon ont été effectuées dans ces ateliers ainsi que dans les maisons d'habitation voisines et des concentrations en radon partiellement très élevées ont été mesurées; dans la plupart des cas, il est vrai, elles ne sont pas alarmantes (voir rapport annuel 1983, page 95).

En collaboration avec la CNA, l'OFSP, les autorités communales de La Chaux-de-Fonds et les habitants concernés, les origines des augmentations du niveau de radon sont étudiées et d'éventuelles possibilités d'assainissement dans les maisons présentant les concentrations les plus élevées sont examinées.

Les études effectuées jusqu'à maintenant montrent que le problème du radon est fort complexe. Des dépôts de radium dans la canalisation ainsi que des déchets contaminés au radium enfouis dans le sol pourraient être responsables des concentrations de radon accrues dans des habitations de La Chaux-de-Fonds.

L'attribution du niveau de radon accru à une occurence naturelle de radium paraît moins vraisemblable. Le but des études en cours est de proposer des mesures faisant appel à un investissement raisonnable et amenant une réduction notable du niveau de radon dans ces maisons.

4.3. Stations d'épuration des eaux usées (STEP) (Tab. 19; Fig. 7, 8)

Des échantillons cumulatifs d'eaux usées sont prélevés chaque semaine à la sortie des STEP de Zurich, Bâle, Berne et Lausanne; leur radioactivité est analysée soit hebdomadairement, soit mensuellement. Ces mesures permettent de contrôler tous les rejets

effectués dans le bassin hydrologique de la STEP (hôpitaux, industries etc.).

STEP de Zurich-Werdhölzli: L'activité alpha totale moyenne et l'activité moyenne en tritium à la sortie de la STEP se situent dans le domaine des activités moyennes des eaux courantes. Le contenu en iode-131 a encore légèrement diminué et est nettement inférieur à la valeur directrice applicable à l'effluent selon l'OPR.

STEP de Berne-Stuckishaus: La teneur en tritium à la sortie de cette STEP est environ deux fois plus importante qu'à Zurich et Lausanne à cause des rejets d'une entreprise traitant du tritium dans la région de Berne. L'écoulement total de 30 Ci de tritium de la STEP de Berne en 1984 a provoqué une élévation moyenne de la teneur en tritium de l'eau de l'Aar de l'ordre de 8 pCi/litre, valeur inférieure à la limite de détection. La concentration de l'iode-131 est aussi bien inférieure à la limite applicable à l'effluent.

STEP de Lausanne: Les résultats des analyses alpha totale, bêta totale et tritium dans les eaux usées de Lausanne correspondent aux valeurs mesurées dans l'eau de surface.

STEP de Bâle: De même l'eau de la STEP de Bâle n'a présenté aucune activité notablement accrue par rapport aux valeurs mesurées dans les rivières en Suisse.

4.4. Institut suisse de recherche nucléaire (ISN)

D'après le bilan des rejets pour 1984, seules d'infimes quantités de matières radioactives ont été évacuées dans l'Aar par l'ISN. Pour une consommation annuelle de $5 \cdot 10^6$ m^3 d'eau, 0,44 mCi équivalents de cobalt-56 ont été rejetés, dont 33 mCi de tritium, env. 73 µCi de sodium-22, env. 1 µCi de vanadium-48, env. 6 µCi de cobalt-60 et près de 22 µCi d'argent-110m. La limite hebdomadaire pour les rejets liquides est fixée par l'organe de contrôle (OFSP) à 0,1 mCi équivalents de cobalt-56.

Les rejets gazeux de l'ISN ont été composés de 1930 Ci d'émetteurs bêta à vies courtes (dont 31% de carbone-11, 31% d'azote-13 et 38% d'oxygène-15), d'env. 217 Ci d'argon-41, 6,4 Ci de xénon-122, 3,4 Ci de xénon-123, 10 Ci de xénon-125, 0,5 Ci de xénon-127 et 13 Ci de tritium. A ces rejets s'ajoutent 5,9 Ci d'iode-122 (T 1/2 = 3,5 min.) et 1,3 Ci d'iode-123 (T 1/2 = 13,3 h). L'ensemble de ces rejets correspond à près de 1970 Ci équivalents d'argon-41. Les rejets de carbone-14 ont été évalués à env. 1 mCi/an. La valeur maximale annuelle admissible pour les rejets gazeux est fixée à 2500 Ci équivalents d'argon-41 par l'organe de contrôle (CNA).

Durant la période du 24.10 au 22.11.84, alors que se déroulait une expérience utilisant une cible gazeuse de tritium à l'ISN, des analyses tritium ont été effectuées dans les précipitations ainsi que dans l'humidité de l'air en quatre emplacements du voisinage proche de l'Institut. Dans la pluie, des valeurs comprises entre 150 et 1900 pCi/litre de tritium ont été obtenues.

D'après les mesures de l'ISN la dose ambiante gamma, après soustraction du fond, varie entre 10 et 50 mrem/an le long de la clôture côté sud de l'ISN et entre 10 et 25 mrem/an à l'angle SO du terrain; elle s'élève à env. 10 mrem/an sur la place de parc côté nord et atteint près de 100 mrem/an à l'angle SE du terrain (près de l'entrepôt pour les composantes actives).

En 6 points au voisinage de l'ISN, la dose neutronique est enregistrée au moyen de dosimètres à neutrons de l'IFR afin de détecter une influence éventuelle des accélérateurs de particules de l'ISN. Les doses neutroniques obtenues pour 1984 (en mrem/an, fond naturel inclus) sont présentées dans le tableau ci-après:

Sud de l'IFR (maison d'habitation)	(350m SE)	3,9±1,9
Ecurie Schödler	(150m ONO)	12,5±5,1
Tüeliboden	(400m NO)	3,1±1,6
Hôtellerie de l'ISN	(300m NNE)	5,3±2,5
Villigen (maison d'école)	(1200m SSO)	2,9±1,5
Station Förderband	(500m S)	3,3±1,7
Ennetbaden (station de référence)		2,4±1,3

Seul le point de mesure "Ecurie Schödler" indique une valeur notablement accrue par rapport à la station de référence; l'emplacement près de l'hôtellerie de l'ISN présente une faible augmentation. D'après les mesures de l'ISN, la dose neutronique le long de la clôture de l'Institut atteint au plus env. 10 à 15 mrem/an.

4.5. CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire); Genève

D'après le "Radiation Protection Group" les divers laboratoires et bâtiments expérimentaux du CERN ont rejeté avec l'air d'évacuation les quantités de substances radioactives suivantes dans l'environnement en 1984: 520 Ci/an en activité bêta totale à vies courtes (C-11, N-13, O-14, O-15 principalement); moins de 15 mCi de beryllium-7 et 0,3 mCi d'émetteurs bêta à vies longues. Les rejets liquides (dans les deux fleuves "Le Lion" (F) et "Nant d'Avril" (CH)) ont été si faibles qu'aucune radioactivité n'a pu être décelée dans les eaux résiduaires.

Les dosimètres répartis le long de la clôture ont indiqué quelques doses ambiantes légèrement accrues dont le maximum s'est élevé à 150 mrem/an, fond naturel inclus. Celui-ci est de l'ordre de 87 mrem/an dans le voisinage du CERN (80 mrem/an dus à la dose gamma et 7 mrem/an incombant à la dose des neutrons).

Des échantillons supplémentaires provenant du voisinage du CERN ont été analysés par le "Radiation Protection Group". A partir de ces mesures (aérosols, eaux de surface et eaux souterraines, boues, herbe etc.), aucune activité occasionnée par les rejets du CERN n'a été mise en évidence.

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

Sur la base des mesures de la radioactivité des différents laboratoires engagés, des rejets radioactifs des centrales nucléaires et autres industries communiqués par les organes de contrôle, ainsi qu'à partir des doses des personnes professionnellement exposées aux radiations et des mesures du radon dans les maisons, la CFSR détermine la dose d'irradiation annuelle moyenne de la population. La CFSR est soucieuse de toujours présenter un rapport à jour, ce qui explique de faibles fluctuations dans les chiffres d'une année à l'autre. L'évolution des chiffres ne signifie pas forcément que les doses ont changé, mais que des valeurs plus récentes sont à dispostion. Pour l'année 1984, les contributions à la dose s'établissent comme suit:

5.1. Rayonnement naturel

En Suisse, la dose ambiante naturelle (rayonnement terrestre et cosmique) varie entre env. 50 mrem/an dans le Jura et env. 300 mrem/an dans certaines régions des Alpes. Cette irradiation et les radionucléides naturels présents dans le corps, principalement le potassium-40, occasionnent en moyenne à la population suisse un équivalent de dose effectif de l'ordre de 135 mrem/an (rayonnement terrestre 55 mrem/an, rayonnement cosmique 40 mrem/an, irradiation interne 38 mrem/an).

5.2. Rayonnement issu de la civilisation

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

Le radon et ses produits de filiation, provenant principalement de la désintégration du radium contenu dans les matériaux de construction et dans le sol sur lequel la maison est implantée, peuvent s'accumuler à l'intérieur des habitations. Les résultats des mesures de l'IFR et de la CFSR, actuellement à disposition pour la Suisse, montrent qu'à l'intérieur des habitations le radon et ses descendants entrainent pour la population suisse, conformément au temps de séjour à l'intérieur des maisons, une dose moyenne supplémentaire au poumon de l'ordre de 1300 mrem/an, correspondant à un équivalent de dose effectif d'env. 160 mrem/an. Cette valeur comprend la contribution à la dose du radon-220 à vie courte issu de la chaîne naturelle de désintégration du thorium. Comme l'irradiation par le radon et ses produits de filiation se limite pratiquement au tissu pulmonaire, des effets génétiques peuvent être exclus.

Toutefois, dans certaines maisons surtout dans la région des Alpes, des doses nettement supérieures à la moyenne sus-mentionnée apparaissent, attribuables à la teneur en radium du sol accrue (granite, gneiss). La concentration de radon-222 et de ses descendants à courte période dans l'air des habitations dépend aussi entre autre de la porosité du sol. Une meilleure analyse de la variabilité des doses dans toute la Suisse et une estimation plus précise de la moyenne necessitent des mesures supplémentaires.

Le radon et ses descendants constituent ainsi la plus importante contribution à l'irradiation de la population et leurs concentrations présentent en outre les plus importantes fluctuations. Le radon est dans la plupart des cas d'origine naturelle, mais le type de construction des maisons peut aussi conduire à des concentrations accrues. Les teneurs en radon les plus élevées, mesurées jusqu'à présent dans les maisons des Alpes suisses, sont du même ordre de grandeur que les concentrations les plus fortes déterminées à La Chaux-de-Fonds. Du point de vue de la radioprotection trop peu d'importance a été attribuée jusqu'à aujourd'hui au problème du radon à l'intérieur des maisons, d'une part parce que l'influence du type de construction a été insuffisamment pris en considération et d'autre part parce que la technique de mesure du radon n'était pas encore développée. Il convient donc d'accorder à l'avenir plus d'attention à l'irradiation occasionnée par le radon dans les habitations.

Dans la région de La Chaux-de-Fonds, où par le passé des peintures luminescentes au radium ont été fabriquées et traitées, la CNA a observé à l'occasion de travaux d'assainissement des concentrations en radon en partie accrues dans certaines habitations. Ces teneurs en radon correspondent à des équivalents de dose effectifs pouvant atteindre pour les habitants des maisons examinées jusqu'à 8000 mrem/an. Des études permettant de clarifier les causes de ce niveau accru en radon ainsi que des recherches quant aux possibilités d'assainissement sont en cours.

5.2.2. 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 d'anciens essais nucléaires, occasionnent ensemble encore des doses de l'ordre de 3 mrem/an. D'autres radionucléides à vies longues répandus dans l'atmosphère, en partie aussi issus de la production d'énergie nucléaire, tels que le tritium, le carbone-14, le krypton-85 et l'iode-129, atteignent également la population sur l'ensemble du globe par différentes voies provoquant une irradiation supplémentaire qui est cependant globalement inférieure à 1 mrem/an.

5.2.3. Irradiation par d'autres sources

Des doses sont dues en outre à la radioactivité des biens de consommation tels que montres à cadran lumineux, appareils de télévision en couleur etc. ainsi qu'à l'augmentation du rayonnement cosmique lors de vols à haute altitude et à la fumée de tabac par inhalation de polonium-210. Ces contributions produisent au total jusqu'à 10 mrem/an environ.

5.2.4. Installations nucléaires et Instituts de recherche

Les immissions imputables aux rejets radioactifs des installations nucléaires 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 reje-

tée avec les eaux résiduaires entraîne des doses hypothétiques (hypothèse: l'eau fluviale est utilisée comme eau potable; l'irradiation due à la consommation de poisson est inclue dans cette dose) inférieures à 0,1 mrem/an, avec les effluents gazeux des doses de 1 mrem/an au maximum. Les doses hypothétiques à la glande thyroïde de bébés, qui n'auraient bu que du lait de vaches pâturant au point critique au voisinage des installations nucléaires, se sont élevées à: 1,2 mrem/an à la CNB, 0,4 mrem/an à la CNM, moins de 0,1 mrem/an à la CNG et à la CNLE et 15 mrem/an à l'IFR.

Les doses dues 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 sont insignifiantes.

Les 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 (Beznau, Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs, Mühleberg, Leibstadt) et de l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens ainsi que près de l'Institut suisse de recherche nucléaire. Les accroissements de dose à l'endroit du maximum s'élèvent à environ 100 mrem/an près de la centrale nucléaire de Beznau, env. 120 mrem/an près de l'IFR, env. 100 mrem/an près de l'ISN, env. 310 mrem/an près de la centrale nucléaire de Mühleberg, env. 150 mrem/an près de la centrale nucléaire de Leibstadt et de l'ordre de 400 mrem/an près de l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens. La dose individuelle 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.

5.2.5. 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 cours d'eau de surface, d'autant plus qu'une grande partie de l'activité est retenue 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.

La plus grande quantité de tritium rejetée dans l'environnement en Suisse provient des effluents gazeux des entreprises MB-Microtec SA Niederwangen/BE et Radium-Chemie Teufen/AR. Sur la base d'anciennes mesures du tritium dans les échantillons d'urine de personnes habitant au voisinage de l'entreprise Radium-Chemie, des équivalents de dose effectifs inférieurs à 10 mrem/an ont été déterminés.

5.2.6. Personnes professionnellement exposées aux radiations

En 1984, 49'950 personnes professionnellement exposées aux radiations ont été surveillées par les 3 organes de contrôle. Elles ont accumulé ensemble 1683 rem (en moyenne 34 mrem/personne), ce qui donne moins de 0,3 mrem/an en moyenne sur l'ensemble

de la population. C'est cette dernière valeur qui est déterminante pour juger les effets génétiques sur la population.

5.2.7. 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 pour la dernière fois en Suisse en 1978 (17). Pour l'enquête de 1978, les moyennes suivantes ont été obtenues: environ 25 mrem/an pour la DGS et 63 mrem/an à la moelle osseuse. Un équivalent de dose effecif de l'ordre de 80 mrem/an peut être adopté. En 1976, les examens effectués en médecine nucléaire (18) ont causé à la population de Bâle-Ville une GSD de 0,5 mrem/an (dose moyenne aux gonades: 10 mrem/an).

****

Nous remercions le Conseiller fédéral A. Egli, le secrétaire général du Département fédéral de l'intérieur M.E. Marthaler et le Prof. Dr. B. Roos directeur de l'Office fédéral de la santé publique pour leur considérable soutien à la CFSR. 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 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

Appendice I (voir pages 34 et 35)

Appendice II

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, P. Renard, Office fédéral de la santé publique, Berne)

DSN Division de radioprotection de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires, Würenlingen (S. Prêtre, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki, Dr. H.-J. Pfeiffer, J. Schuler, Dr. U. Weidmann)

EPFL Institut d'électrochimie et de radiochimie, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J.J. Geering, Mme F. Staudenmann-Barraud)

IFR Division du contrôle des radiations de l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs, Würenlingen (H.H. Brunner, Dr. W. Burkart, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel, Ch. Wernli)

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, Dr. P. Santschi, K. Farrenkothen, H.J. Hüppi, A. Lück, Mlle. E. Werth, Mlle. C. Weber)

LFR Laboratoire de Fribourg de la CFSR, auprès de l'Institut de physique de l'Université (Prof. Dr. O. Huber, Dr. H. Völkle, Dr. H. Surbeck, C. Murith, L. Ribordy, F. Wicht, L. Baeriswyl, Mme M. Gobet, I. Sachs)

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)

Fribourg, Décembre 1985 /mg

PN 366 :28

A 34657