Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 13 (1969)

Rubrik: 13e Rapport de la Commission fédérale de la radioacitvité pour l'année 1969, 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: 16.07.2025

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

13e Rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1969, à l'intention du Conseil fédéral

par le Professeur Dr P. Huber, Bâle, Président de la Commission,
et le Dr J. Halter, Fribourg

I. Considérations générales

A partir de la fin du mois de janvier, on a décelé dans la stratosphère de récents produits de fission provenant de la bombe-H chinoise de l'année précédente (27. 12. 1968). Ce n'est qu'après l'échange printanier entre la stratosphère et la troposphère qu'une augmentation sensible de l'activité de l'air au voisinage du sol apparut. Pendant l'année rapportée, on enregistra une explosion atomique aérienne, celle d'une bombe-H de trois mégatonnes, le 29. 9. 1969, à Lop Nor (République populaire de Chine). Ses effets ne se remarquèrent pour la première fois dans la troposphère supérieure que le 9 octobre et n'atteignirent l'air au sol qu'en quantités à peine décelables. Celui-ci présentait en moyenne sur l'année 1969 une activité légèrement plus élevée que celle de 1968. L'activité spécifique bêta moyenne des précipitations resta constante par rapport à l'année précédente. L'accident du 21 janvier 1969 au Centre nucléaire de Lucens plaça pour la première fois la CFR et le Comité d'alarme devant la tâche de surveiller un cas de radioactivité accidentel. Après quelques heures seulement, on put déterminer que l'accident ne présentait aucun danger pour la population en général. Dans les temps qui suivirent, les laboratoires de Fribourg et Bâle entreprirent de nombreuses mesures pour éclaircir la situation.

Les travaux de la Commission furent effectués en trois séances, ceux du Comité d'alarme en trois autres. Dans le cas des deux organes, l'analyse des travaux liés à l'accident de Lucens permit d'acquérir de précieuses connaissances et suggestions. L'accident a montré que dans les circonstances données la collaboration des différentes instances concernées a bien joué. Le fait que les intéressés aient pu être atteints à leur place de travail y a contribué. Dans le cas d'un accident survenant en dehors des heures de travail, la perte de temps eût été plus considérable. De plus, il faut tenir compte du fait que l'équipe de mesure d'un réacteur ne peut pas toujours être employée à des mesures pour le Comité d'alarme concernant un accident au lieu même. Pour ces raisons il a paru important de créer, dans le cadre du Comité d'alarme, deux ou trois équipes de mesure accessibles et disponibles, car une détermination rapide de l'état de contamination de la région accidentée est essentielle.

Le Prof. M. Schär (Zurich) a démissionné en tant que membre de la Commission. Nous le remercions vivement ici de sa collaboration aux travaux de la Commission. Le Prof. J. Wellauer (Zurich) a été élu comme nouveau membre.

II. Modifications apportées au réseau des stations de mesures

Les stations de prélèvement des Hauts-Geneveys (NE) (prairie abandonnée pour raisons de fertilisation) et de Gudo (TI) (inhomogénéité du sol) fournissant des échantillons de sol, d'herbe et de lait, ont été supprimées à partir du 1. 1. 69. A la place, des échantillons sont prélevés à Grangeneuve (FR) quatre fois par année, pendant la période de croissance, alors que dans le même cadre qu'auparavant se poursuivent les prélèvements à Stillberg-Davos (GR) et à Arenenberg (TG).

La centrale atomique de Beznau I a été mise en service en juillet 1969. La surveillance du taux de radioactivité transmise aux environs a été rattachée au réseau de la CFR.

Comme l'activité bêta totale de l'eau de pluie du Jura est actuellement très faible, les analyses concernant l'effet d'infiltration de produits de fission radioactifs dans le sol jurassien ont été suspendues provisoirement.

La concentration en tritium de l'eau de pluie recueillie dans les réservoirs de collection peut varier au cours du temps. Pour cette raison, à partir de mai 1969, des échantillons sont prélevés journellement dans le collecteur d'eau de pluie de l'Observatoire météorologique de Berne pour la détermination du taux de tritium dans les précipitations. Cela remplace les échantillons mensuels de Fribourg.

III. Nouvelles activités de la Commission

1. Méthodes de calcul pour l'analyse des spectres de semi-conducteurs

Il est important pour la surveillance de la radioactivité d'analyser les échantillons rapidement et sûrement. La spectroscopie gamma de haute résolution à l'aide de diodes en Ge-Li (voir 12e Rapport) se prête au développement d'une méthode d'évaluation pour l'analyse des isotopes au rayonnement gamma.

Des raies gamma du spectre connues avec précision ou raies d'étalonnage servent à la détermination de l'énergie des raies gamma restantes. Les énergies des raies mesurées sont comparées aux énergies d'un catalogue d'isotopes approprié (sous forme de cartes perforées). Lorsqu'il y a correspondance entre l'énergie d'une raie trouvée et la valeur cataloguée d'un isotope, la raie est considérée comme identifiée. Ensuite, les autres données de la carte du catalogue sont introduites dans le programme, pour permettre la détermination de l'activité, ainsi que d'autres opérations telles que corrections de temps. De cette manière, un spectre gamma permet de déterminer les composantes de l'activité,

et dans le cas d'un mélange de fragments de fission, celles-ci peuvent être comparées aux composantes d'un mélange de produits de fission normaux.

Cette méthode d'analyse[1] a été vérifiée sur des mesures «test» d'isotopes connus et appliquée à des échantillons composés de mélanges de produits de fission.

2. *A*-37 *dans l'atmosphère*

Depuis le début de l'année 1969, l'Institut de physique de l'Université de Berne (Prof. Oeschger) effectue des mesures du taux de A-37 dans l'atmosphère. Comme causes de la quantité dépassant la production naturelle de cet isotope dans l'air entrent en ligne de compte, en premier lieu, les essais de bombes souterraines. Lors de celles-ci, il est produit essentiellement plus de A-37 que dans les explosions atmosphériques, car en plus intervient la réaction exothermique $^{40}Ca\ (n, \alpha)\ ^{37}A$.

IV. Résultats des mesures

1. *Contrôle de l'air*

En 1969, l'activité spécifique bêta totale de l'air est également restée si faible qu'aucun effet dépassant le bruit de fond naturel n'a pu être détecté avec des appareils Landis & Gyr (figure 1, tableau 1). L'activité bêta de l'air obtenue à partir des filtres calcinés des stations de Fribourg et Würenlingen, où le bruit de fond naturel est éliminé par un laps de temps plus long entre la collection et la mesure, donna les valeurs contenues dans le tableau 2 et la figure 2. On remarque que l'activité de l'air a augmenté après l'échange printanier (avril/mai), et que jusqu'en septembre on a enregistré des valeurs plus élevées que durant les deux années précédentes. Ceci est une conséquence de la bombe de 3 Mt du 27. 12. 1968.

L'augmentation de l'activité moyenne de l'air pendant les années qui suivirent 1967 donne le tableau suivant:

Moyenne annuelle de l'activité spécifique bêta totale de l'air

	1967	1968	1969
Fribourg	0,03	0,07	0,12 pCi/m³
Würenlingen	0,05	0,13	0,17 pCi/m³

[1] Voir P. Winiger, O. Huber et J. Halter, Helv. Phys. Acta 42, 900 (1969).

Des traces des effets secondaires de la bombe-H du 29. 9. 1969 n'ont pu être décelées pour la première fois dans l'air proche du sol que pendant la semaine du 17 au 24 octobre; ces produits secondaires n'étaient toutefois responsables que d'une petite proportion de l'activité totale.

Cependant, la composition de l'activité de l'air fut plus facilement déterminable à partir des spectres gamma de filtres de vol dans la troposphère supérieure et la stratosphère inférieure. On a enregistré les spectres gamma de 19 filtres de ce genre avec un cristal de NaI. Une analyse exacte à l'aide de spectres de cristaux de NaI et de diodes-Ge a été entreprise avec deux filtres, correspondant plus précisément à des vols du 27 janvier et du 9 octobre, lorsque furent constatés pour la première fois au-dessus de la Suisse de récents produits de fission des bombes des 27. 12. 1968 et 29. 9. 1969. Les mesures à l'aide de la diode-Ge sont reportées aux figures 3 et 4 et leurs évaluations d'après la méthode mentionnée ci-dessus au tableau 3.

Dans l'échantillon du 9 octobre (dix jours après l'explosion) on a pu constater la présence de produits de courte durée de vie (Np-239, Mo-99 et Te-132), qui n'étaient plus décelables dans celui du 27 janvier (31 jours après l'explosion). Les deux dernières colonnes du tableau 3 montrent que dans les deux échantillons les produits de fission de moyenne demi-vie (2–50 d) apparaissent avec la fréquence d'une distribution normale, à l'exception du I-131, qui diminua d'un facteur 2 environ. Les produits de longue durée de vie accusèrent une activité relativement forte, alors que l'on notait encore dans l'air la présence de restes provenant d'explosions de bombes antérieures.

Le rapport $R = \frac{\text{nombre d'atomes U-237 formés}}{\text{nombre de fissions}}$ peut être invoqué pour décider si un mélange de fragments de fission provient d'une bombe-U pure ou d'une bombe-H. Pour du U-235 comme produit initial on peut obtenir un rapport $R = 0{,}024$[1]; par contre, si l'on utilise des neutrons rapides pour la fission (bombe-H) et si, à part le U-235 (allumage), il y a aussi en présence du U-238 (calotte), alors $R \approx 0{,}2$[2] si la fission du U-238 prévaut sur celle du U-235. A partir des dernières colonnes du tableau 3 on obtient pour les deux explosions un $R \approx 0{,}2$, ce qui fait conclure à une bombe-H utilisant du U-238[3].

La présence de U-238 dans la bombe du 29 septembre 1969 est confirmée par le Np-239 observé. En raison de la faible intensité des échantillons, de l'absence des isotopes de courte demi-vie les plus propres, de l'ignorance des spectres de neutrons des bombes et d'autres incertitudes encore, de telles conclusions ne peuvent être que de nature qualitative, mais sont cependant en accord avec les informations qui indiquaient qu'il s'agissait dans les deux cas de bombes-H.

---

[1] K. G. Vohra, Atomic Energy Establishment Trombay, Report A.E.E.T. 240 (1965).
[2] P. Wydler, EIR, communication privée.
[3] A titre de comparaison: L'analyse des produits de fission des bombes-U figurant dans le tableau 3, du Rapport annuel N° 12 fournit pour R une valeur de 0,02.

La figure 5 représente l'activité-α de l'air à Stein (AG) de 1965 à 1969. La comparaison des moyennes annuelles montre une légère et constante diminution:

	1965	1966	1967	1968	1969
Activité-α moyenne de l'air en pCi/m³	0,00419	0,00341	0,00330	0,00293	0,00274

Comme au cours des années précédentes, on nota de nouveau en janvier et en octobre des maxima d'intensité de l'activité alpha dans l'air.

Des filtres à air contenant des résidus des bombes atomiques françaises de l'été 1968 et de la bombe-H chinoise du 29. 9. 1969 ont été examinés à Neuchâtel en vue de rechercher des points chauds alpha. La méthode consiste à calciner des confettis provenant des filtres dans un flux d'oxygène ionisé à environ 100° C et à introduire le calciné dans un gel Ilford-L 4. L'émulsion est exposée pendant un temps variant de 10 jours à un mois, puis développée selon la méthode des deux températures.

L'analyse des échantillons révéla quelques points chauds-β, mais aucun point chaud-α. Seules quelques traces α isolées étaient visibles.

Les résultats des mesures de A-37 dans l'atmosphère (Prof. Oeschger, Berne) sont représentés à la figure 6. Les calculs pour un taux de production naturelle de A-37 dans l'atmosphère fournissent une activité de A-37 dans la troposphère de (3 à 5,5).10^{-3} désintégrations par minute et par litre de A. D'après la figure, et compte tenu des marges d'erreur, ces estimations sont compatibles avec les valeurs de juin à octobre. En revanche, les valeurs du début et de la fin de l'année sont considérablement plus élevées. La diminution au cours de la première moitié de 1969 correspond à la désintégration du A-37 (35 jours de demi-vie, représenté dans la figure par une droite). Les deux maxima ont été précédés de différents essais de bombes souterraines, en particulier en octobre, où il fut annoncé qu'une petite quantité de radioactivité s'était échappée dans l'atmosphère. Ceci laisse supposer que les taux élevés de radioactivité A-37 observés sont des indicateurs pour des essais de bombes souterraines précédents.

2. *Précipitations*

Dans le tableau 4 sont représentées les moyennes mensuelles de l'activité spécifique bêta totale des précipitations, de même que l'activité déposée au sol par les précipitations par km² pour les différentes stations de collection. La figure 7 donne les résultats pour la station de la Valsainte. Par rapport à l'année précédente, l'activité spécifique des précipitations et l'activité totale déposée au sol par celles-ci n'a pratiquement pas changé en moyenne sur les stations.

Comme l'on pouvait s'y attendre, l'activité déposée au sol par la poussière (poste de collection de Locarno) n'a pas changé dans l'essentiel (1968 total 1,83 mCi/km², 1969 total 2,08 mCi/km²) et représente comme pendant les années

précédentes environ 1/10 de l'activité déposée par les précipitations. On peut voir les valeurs mensuelles au tableau 5.

La figure 8 représente le contenu en tritium de l'eau de pluie de 1966 à 1969. Le maximum de l'été 1969 se situa un peu plus haut que celui de 1968, alors qu'il avait diminué au cours des années précédentes. Ceci est probablement à attribuer à l'explosion de la bombe-H du 27. 12. 1968. A part cela il apparut un maximum prononcé dans les précipitations du 25 octobre au 13 novembre 1969, sans doute en raison de l'essai chinois de bombe-H du 29. 9. 1969.

La EAWAG procède depuis 1969 à une détermination du taux de strontium dans les précipitations de Locarno, Davos, Arenenberg et Les Hauts-Geneveys. Lorsque ces travaux seront terminés, on connaîtra le contenu en Sr-90 et en Cs-137 de l'air et des précipitations pendant un long laps de temps, si bien que l'on pourra tirer des conclusions sur le passage de ces deux isotopes dans les précipitations sous différentes conditions de contamination en cas de pollution mondiale.

3. *Eau et vase de citerne*

On a prélevé en tout 15 échantillons d'eau des citernes de Saulcy (BE), du Mont-de-Buttes (NE), de La Cure (VD) et de la station en altitude du Säntis (SG). Tous révélèrent des activités spécifiques bêta totales <5 pCi/l. Des échantillons de vase de la citerne de Saulcy (BE) (tableau 6) fournirent des activités spécifiques bêta totales comprises entre 300 et environ 400 pCi/g de matière séchée, ce qui les situe dans le cadre de celles de 1968.

4. *Eaux de surface, eaux souterraines et eaux usées*

En 1969, la EAWAG examina un total de 196 échantillons d'eaux de surface et d'eaux souterraines pour déterminer leur activité spécifique bêta totale. Ces échantillons se répartissaient sur les postes de collection suivants:

a) *Cours d'eau principaux et eaux à proximité de grandes villes:*

Le Rhin à St-Margrethen, Stein am Rhein et Kembs
Le Riehenteich à Bâle
L'Aar à Felsenau-Bern et Brugg
La Reuss à Lucerne et Gebenstorf
La Limmat à Zurich et Turgi
Le Rhône à Porte-de-Scex (VS) et Sellières (GE)
Le Doubs à Ocourt
Le Lac Majeur à Dirinella (Ranzo)
L'Inn à Martina

b) *Eaux à proximité de réacteurs et d'établissements industriels utilisant la radioactivité:*

Le Goldibach, en aval et en amont de l'embouchure des eaux usées de la fabrique de matières luminescentes de Teufen

La Broye en aval et en amont de l'embouchure des eaux usées de l'installation du réacteur de Lucens
La Broye à Payerne
Le Lac de Morat
L'Aar à Stilli, à la EIR Würenlingen, à Beznau à l'entrée du canal de dérivation
A gauche du lac de retenue et au barrage de Klingnau

c) *Eaux souterraines et eaux de sources à proximité de réacteurs:*

Eaux souterraines aux stations de pompage de Moudon et de Lucens
Source Côte-d'en-haut VD
Eaux souterraines de la commune de Würenlingen, à Beznau à gauche et à droite, vers la fabrique de tuiles Hunziker (Döttingen), dans les communes de Döttingen, Böttstein et Leuggern.

Tous les échantillons révèlent une activité spécifique bêta totale <4 pCi/l avec un «confidence level» de 95% (étalonnage au K-40).

Dans les échantillons d'eau de l'Aar prélevés par la EIR (collection continue) et d'eau du Rhin à Koblenz, l'activité spécifique bêta totale moyenne ne dépassa jamais 11 pCi/l (pour l'eau potable à proximité de réacteurs sont permis: 100 pCi/l, si le Ra-226 et le Ra-228 sont exclus).

Dans le dernier rapport annuel, il a été mentionné que la différence d'activité alpha de l'eau du Rhin entre Stein am Rhein et Kembs était probablement due à des sédiments emportés par les flots. Comme les échantillons de Kembs contiennent en général plus de matière séchée par titre d'eau que ceux de Stein am Rhein, il faut s'attendre à Kembs à une activité alpha moyenne par litre d'eau plus élevée. Les valeurs trouvées confirment cette supposition. La valeur moyenne de l'activité alpha des eaux du Rhin fut de 0,72 pCi/l à Stein am Rhein en 1969, et de 0,94 pCi/l à Kembs. En revanche, les activités spécifiques moyennes de matière séchée mesurées sont compatibles avec les marges d'erreur: Stein am Rhein (5,7 ±0,6) pCi/g de matière séchée, Kembs (5,5 ±0,6) pCi/g de matière séchée.

Des prélèvements d'eaux usées ont été effectués à la fabrique de matières luminescentes de Teufen (AG), à la Cerberus AG de Männedorf, à La Chaux-de-Fonds, à la EIR de Würenlingen et aux réacteurs atomiques de Lucens et Beznau. Dans le tableau 7 il est visible que pour les eaux usées de la Cerberus AG et de La Chaux-de-Fonds l'activité bêta restait inférieure à 6 pCi/l et qu'elle se situait entre 20 et 30 pCi/l pour celles de la fabrique de matières luminescentes de Teufen, donc bien moins que la dose tolérée pour l'eau potable. Les échantillons d'eau usée de la EIR du 7. 8. 69 (tableau 8) contenaient comme composantes principales du Ce-144, du Cs-137 et du Co-60, dont les concentrations autorisées dans les eaux usées sont respectivement de 10 μCi/l, 20 μCi/l et 50 μCi/l.

Le 21. 1. 1969 eut lieu un accident à la Centrale nucléaire de Lucens. Pour la communauté les eaux usées constituaient, à part l'air vicié, la seule source

possible de contamination radioactive. Conformément aux prescriptions de surveillance, les déchets liquides sont recueillis dans des récipients de contrôle et ne sont déversés dans la Broye que lorsque leur radioactivité a été déterminée. C'est pourquoi il n'y eut pas de danger de contamination après l'accident. L'eau contaminée entrant fut additionnée peu à peu aux eaux usées durant une assez longue période, ceci en accord avec les prescriptions de dilution.

Dans le tableau 9a sont groupées les activités mensuelles déversées dans la Broye, selon la communication du Centre Nucléaire de Lucens (CNL). Dans les eaux usées, le tritium apparut avec plus d'importance que tous les produits de fission réunis. Comme il est relativement peu dangereux, la quantité annuelle de déversement permise pour l'activité de tritium pur est de 15 000 Ci, alors que d'après les prescriptions la quantité autorisée de radio-isotopes d'un mélange inconnu est de 0,5 Ci/année. D'après le tableau 9a, l'activité admissible dans les eaux usées n'a été atteinte ni pour le tritium, ni pour les autres produits de fission.

Les résultats des mesures des échantillons d'eau usée prélevés par la CFR au réacteur de Lucens sont comparés dans le tableau 9b à ceux des échantillons d'eau provenant de réservoirs de contrôle et de dépôt. L'échantillon du 3. 2. 69 prélevé dans un réservoir de contrôle servit à vérifier les résultats des mesures indiqués par le CNL. La mesure de contrôle (Prof. Oeschger, Berne, qui exécuta aussi pour la CFR d'autres mesures de tritium) est bien compatible avec les indications du CNL. Un échantillon d'un réservoir de dépôt du 7. 2. 69 donna un taux de tritium de $4{,}8 . 10^7$ pCi/l. Le même jour furent prélevés: un échantillon d'eau usée, et un autre des eaux de la Broye, pendant qu'on vidait dans les eaux usées deux réservoirs (indications du CNL: premier réservoir 9,5 m^3; $4{,}9 \cdot 10^4$ pCi/l émetteurs β et γ, pas de T; deuxième réservoir 13 m^3; $1{,}1 \cdot 10^4$ pCi/l émetteurs β et γ, $5{,}5 \cdot 10^5$ pCi T/l). Le rapport entre l'activité en tritium des réservoirs prêts à être vidés et celle des eaux usées était de ≈ 100, entre celle des eaux usées et celle des eaux de la Broye de 20 environ, correspondant ainsi aux estimations sur la dilution qui sont à la base des prescriptions.

L'activité des eaux usées, de même que celle de la Broye, se situait bien en dessous des normes (voir note du tableau 9b).

Le réacteur atomique de Beznau I est en service depuis juillet 1969. C'est de cette installation que provient la majeure partie de l'activité des eaux usées dans le circuit primaire, dont une partie de l'eau circulante est constamment renouvelée. L'activité en tritium, qui doit donc être éliminée par les eaux usées, est de l'ordre de 10 Ci/mois. A part ce radio-isotope, l'eau du circuit primaire contient surtout du N-16 (7,2 s de demi-vie) et des fragments de fission, diffusant à travers des éléments combustibles, essentiellement des gaz nobles et de l'iode. L'eau conservée dans les réservoirs de contrôle, ainsi que les eaux usées radioactives restantes, sont contrôlées et déversées dans l'Aar, conformément aux prescriptions, après d'éventuels traitements ultérieurs et dilutions. Les échantillons d'eaux usées prélevés par la CFR contenaient du T (mesuré au EIR) et du I-131 (spectre γ à Fribourg). Les résultats en sont représentés au tableau 10 et à la figure 9.

5. Plancton, substances en suspension, sédiments, poissons et plantes aquatiques

Les activités bêta totales et l'activité en K-40 des échantillons de plancton, de substances en suspension, de sédiments, de poissons et de plantes aquatiques sont indiquées au tableau 11. Les valeurs n'étaient pas essentiellement différentes de celles de l'année précédente.

La figure 10 représente l'activité bêta totale des échantillons de sédiments provenant de la Broye à Lucens et de l'Aar au EIR de Würenlingen depuis 1963. Les sédiments de la Broye en aval de l'embouchure des eaux usées du réacteur atomique de Lucens révélaient pour la plupart en 1969 une activité plus élevée qu'en amont de ladite embouchure. L'analyse-γ de l'échantillon du 13. 8. 1969 en aval de l'embouchure des eaux usées fournit les activités suivantes: Cs-137 30 000 $\pm$5000 pCi/kg de substance séchée, Ce-144 6000 $\pm$2000 pCi/kg de substance séchée, Zr-95-Nb-95 4000 $\pm$1500 pCi/kg de substance séchée.

6. Sol, fourrage, lait

6.1. *Sol et herbe à proximité d'installations de réacteurs*

Les échantillons de sol et d'herbe prélevés au voisinage du EIR de Würenlingen et du CNL de Lucens pendant l'année rapportée (tableaux 12 et 13) révélèrent des activités totales de particules bêta et de strontium aussi basses qu'au cours de l'année précédente. Les activités sont aussi pratiquement en accord avec celles des échantillons correspondants de Arenenberg et de Grangeneuve.

6.2. Les activités du K-40, du Cs-137 et du Sr-90 dans le sol, l'herbe et le lait de Arenenberg (TG), Stillberg-Davos et Grangeneuve sont rassemblées aux tableaux 14 à 16 et l'activité du Cs-137 est en outre reportée sur les figures 11 à 13. Pour la station de Grangeneuve, on a introduit une valeur moyenne entre l'herbe de pâture et le fourrage additionnel.
Les activités ont peu varié par rapport à l'année précédente. Les activités du Cs-137 et du Sr-90 du sol, de l'herbe et du lait de Davos-Stillberg sont beaucoup plus élevées qu'en plaine.

6.3. *Fourrage-lait en Suisse orientale*

L'activité du Cs-137 dans le fourrage et le lait de Suisse orientale est restée pratiquement à la même valeur que l'année précédente, comme cela est visible à la figure 14. Ceci est aussi valable pour l'activité du Sr-90 dans le lait, reportée à côté des résultats du Cs-137 (dans le tableau 17).

7. Fourrage et denrées alimentaires

Les mesures de l'activité du lait et du fourrage (tableau 18) effectuées par la Communauté de travail pour la surveillance des denrées alimentaires (ARL) montrent des résultats analogues à ceux de la CFR, c'est-à-dire des activités sensiblement plus élevées en altitude qu'en plaine. L'activité du Sr-90 dans le

lait de Mürren et dans celui des Laiteries bernoises, de même que celle dans le lait déshydraté du canton de Vaud depuis 1958, resp. 1956, sont reportées sur les figures 15 et 16.

Le rapport de l'activité du Sr-90 à celle du précipité d'oxalate dans le lait est d'environ 0,7 dans d'anciens produits de fission. Une diminution de cette valeur indique la présence de produits de fission récents (Sr-89). Cet effet est nettement visible dans les tableaux 19 et 20. Dans le tableau 19, il faut constater une forte baisse de l'activité Sr-90/oxalate pendant l'année 1961 (lors de l'arrêt de la grande série d'essais de bombes), à laquelle succède une croissance progressive jusqu'à la valeur limite. Dans le tableau 20, on reconnaîtra l'apparition, dans le fourrage, de produits de la bombe chinoise du 27. 12. 1968 au moment où fut commencé le fourrage frais.

La contamination des produits alimentaires a été contrôlée par le Service fédéral de l'hygiène publique (contrôle des produits alimentaires, Dr A. Miserez) ceci en rapport avec les laboratoires cantonaux (ARL) de Bâle, Coire, Lausanne, St-Gall et Zurich. Ces résultats sont résumés dans le tableau 21a. Les activités du Sr-90 dans le froment et ses produits de mouture sont représentés à la figure 17 sous forme de moyennes de 6 à 7 provenances en Suisse de 1963 à 1968. Pour 1969, seules les premières valeurs de Renens, Brunnen et Bellinzone sont connues[1]. Comme auparavant, l'activité du Sr-90 dans le froment de Bellinzone est plus élevée que dans les autres échantillons.

La contamination de fruits, de légumes et d'autres produits alimentaires n'a pas varié essentiellement pendant l'année par rapport à 1968. Seul le contenu élevé en Sr-90 dans les morilles séchées du Pakistan est surprenant.

De nombreux échantillons d'eau potable ont été recueillis en vue de déterminer leur activité-β, notamment: 6 à Bâle, 62 à St-Gall à cinq endroits différents [Bodensee Wasserwerk de St-Gall, eau de source de Hundwil (Wasserversorgung St. Gallen), eaux souterraines de Breitfeld (Wasserversorgung St. Gallen), eaux souterraines de la Wasserversorgung Bregenz et Bodensee-Wasserwerk de la ville de Lindau], 34 dans la ville de Zurich à 22 endroits différents. Dans aucun des cas l'activité n'a atteint 10 pCi/l.

L'examen des amygdales du bétail de boucherie révéla, de mi-octobre à fin novembre, et à la suite de la bombe-H chinoise du 29 septembre 1969, des activités de I-131 supérieurs à 2000 pCi/kg d'amygdales. Comme l'activité du I dans une amygdale est environ 1000 fois plus élevée que dans le lait, on pouvait en conclure que le I-131 n'était présent dans le lait (et dans d'autres produits alimentaires) qu'en petites quantités non mesurables.

Le tableau 21b montre l'activité de l'eau de pluie qui fut mesurée au Laboratoire cantonal de Bâle dans le cadre de la Communauté de travail pour la surveillance de la radioactivité des produits alimentaires (ARL).

La ARL procéda aux mesures suivantes de la radioactivité des eaux de surface et des eaux souterraines: détermination mensuelle de l'activité spécifique bêta moyenne des eaux du Rhin et de l'Aach de Bregenz au Laboratoire cantonal

[1] Nous remercions l'Administration fédérale des blés pour les échantillons qu'elles nous a remis.

de St-Gall; 9 échantillons d'eau du Rhin analysés pour déterminer leur activité spécifique bêta moyenne (Laboratoire cantonal de Bâle); 6 échantillons d'eau de surface et 6 d'eau à 40 m de profondeur dans le lac des Quatre-Cantons à Lucerne pour déterminer l'activité spécifique bêta du précipité d'oxalate au EGA; 5 échantillons prélevés aux usines électriques du lac de Zurich à Moos et Lengg, 3 échantillons d'eau de surface et 2 échantillons prélevés à 130 m de profondeur dans le lac de Zurich, de même qu'un échantillon de la Limmat à Hardhof, un autre d'eau souterraine à Hardhof et encore un d'eau de source de la Sihl/Lorzetal ont été analysés au Laboratoire de la ville de Zurich pour déterminer leur activité spécifique bêta totale.

De tous ces échantillons, seuls ceux de l'Aach de Bregenz d'avril (13 pCi/l) et celui de l'eau du Rhin à Bâle du 2 mars (21 pCi/l) montrèrent une activité spécifique bêta totale supérieure à 10 pCi/l.

8. Contamination du corps humain

A l'Institut d'électrochimie et de radiochimie de l'EPF de Lausanne (Prof. Lerch) on a procédé à la détermination du taux de Sr-90 de 69 échantillons d'os d'adultes des régions de Lausanne, du Tessin, de St-Gall et de Bâle, de même que de 41 dents de lait de Lausanne. On trouvera les résultats dans les tableaux 22 et 23. Au tableau 24 et à la figure 18 sont rassemblées les activités du Sr-90 dans les os d'adultes mesurées depuis 1960. Il semble qu'en 1967 un maximum ait été atteint et que dès lors il se manifeste une baisse de l'activité du Sr-90 dans les os. On procédera ultérieurement à une évaluation de ces mesures.

Sous la direction du Prof. G. Joyet on a procédé à l'Hôpital cantonal de Zurich à des examens du corps entier sur l'anthropo-spectromètre en vue de détecter du césium-137 et du potassium-40. La proportion de potassium-40 au potassium total est de 0,119‰.

Le tableau 25 et la figure 19 montrent pour de jeunes hommes et femmes la concentration moyenne de potassium par kilogramme, l'activité du Cs-137, et la concentration de Cs-137 par gramme de potassium pour les années 1966 à 1969.

Le contrôle de l'activité de la population a été poursuivi sur deux groupes d'hommes (moyenne d'âge 20,3) et de femmes (moyenne d'âge 19,8) d'environ 20 ans. Pour 1969 on a trouvé les valeurs moyennes suivantes:

	Cs-137 nCi (= 10^3 pCi)	K gK par kg de poids du corps	Cs-137/K pCi/gK
26 femmes	2,7 ± 0,5	1,58 ± 0,08	30,4 ± 6,2
26 hommes	4,3 ± 1,0	2,06 ± 0,10	30,3 ± 6,8

Dans la figure 20 est reporté le contenu en Cs-137 (en pCi de Cs-137) de deux adultes masculins et de deux adultes féminins pendant la période 1966 à 1969.

Les mesures effectuées à Genève par le Dr P. Wenger au Service cantonal de contrôle des irradiations sur un anthropo-spectromètre sont reportées dans les tableaux 26 à 28. Les tableaux 26a à c et 27a à c indiquent les activités du Cs-137 et le contenu en potassium des personnes examinées au cours des années 1968 et 1969. Le tableau 28 donne les activités du Cs-137 par g de potassium pour les années 1963 à 1969, séparément pour les hommes et les femmes. Le tableau 29 indique l'activité du Cs-137 et le contenu en potassium du lait de Genève pour les années 1968 et 1969.

9. *Travaux spéciaux*

1. *L'accident de réacteur du 21 janvier à Lucens*

Le 21 janvier 1969 à 17.20 heures eut lieu au réacteur atomique d'essais de Lucens un accident au cours duquel une fuite de radioactivité se produisit dans le circuit primaire du réacteur. Il appartenait au Comité d'alarme de déterminer la contamination en dehors du terrain du réacteur et de proposer d'éventuelles mesures pour protéger la population.

La première tâche à exécuter était la détermination de la radioactivité de l'air au voisinage du Centre nucléaire. L'eau contaminée pouvait être conservée sur place et ne nécessitait pas de mesures immédiates (voir paragraphe 4.4).

1.1. *Alarme et mesures immédiates*

A 18.30 heures, la Centrale de surveillance de Payerne a été informée par téléphone de l'accident, alors qu'aucune donnée précise ne pouvait encore être indiquée. Un examen de la situation météorologique au moment de l'accident révéla un temps calme avec une légère tendance à la bise et une forte inversion sur tout le plateau. Pour cette raison, il fallait que la contamination restât concentrée sur la hauteur, peu au-dessus de la sortie de la cheminée, dans la région de Bussy (VD). Ensuite, le chef de la Centrale de contrôle informa le chef du Comité d'alarme.

Les dispositions suivantes ont été prises avec le chef de la Centrale de contrôle:

Envoi à Lucens d'une équipe composée de deux experts de Fribourg.
Demande auprès de la EIR d'envoyer une équipe de mesure à Lucens.
Mise au courant des membres du Comité d'alarme.

Les stations de surveillance de l'air de Morges et de Saignelégier ont été branchées sur une vitesse d'aspiration double. A environ 19.00 heures le chef

du Comité d'alarme mit au courant le délégué aux affaires atomiques et à 8.25 heures le lendemain rapport fut fait au chef du Département de l'intérieur. En collaboration avec le délégué aux affaires atomiques on publia un communiqué pour la presse, puis un deuxième le 23. 1. 1969.

Le 22. 1. le Comité d'alarme autorisa, après des pourparlers avec la Section pour la sécurité des installations atomiques, l'aération par la cheminée des chambres de la caverne avec instruction de mesurer l'activité extérieure dans la direction du vent (voir paragraphe 2, mesures ultérieures). Le 25. 1. il fut autorisé de déverser un maximum de 500 Ci de tritium dans la Broye tout en observant les prescriptions.

Le 27. 1. on put arrêter les travaux du Comité d'alarme sur les lieux de l'accident. Rapport fut fait au chef du Département de l'intérieur.

Au moment où le Laboratoire de Fribourg eut connaissance de l'accident, la première mesure prise fut de demander par téléphone au Centre nucléaire de Lucens de mettre sur place une équipe de mesure pour le prélèvement d'échantillons d'air aux environs de Lucens. A la suite de cela deux experts du Comité d'alarme se rendirent à Lucens. Peu après leur arrivée on apprit qu'à Bussy l'équipe de mesure du réacteur de Lucens avait mesuré à 20.50 heures une activité bêta totale de 3000 pCi/m^3 d'air, la plus élevée du voisinage.

Dans le pire des cas, si toute cette activité provenait du I-131, cette valeur n'aurait que tout juste atteint la concentration la plus élevée permise dans l'air respiré en permanence par des hommes du personnel, ce qui n'aurait donc pas été dangereux pour les amygdales de la population, même dans le cas d'air stagnant. Deux heures plus tard, l'activité de cet échantillon d'air était pratiquement tombée à zéro. Les échantillons d'air des cinq autres points de mesure révélèrent des activités inférieures à 1000 pCi/m^3.

Dans une série d'autres échantillons prélevés à Bussy entre 23.30 et 02.00 heures («frottis» provenant d'un mur de maison, d'une rampe d'escalier et d'une roulotte, échantillons d'herbe et de légumes, nouvel échantillon d'air), seul l'échantillon d'air présentait une activité décelable, soit de 1500 pCi/m^3, ce qui correspondait environ à la moitié de celle de l'échantillon prélevé trois heures auparavant.

Une partie de l'air contaminé avait passé de la caverne du réacteur dans les autres locaux de l'installation puis à l'air libre par la porte principale. Un échantillon d'air prélevé à l'entrée du bâtiment à 23.00 heures présentait une activité bêta totale de 45 000 pCi/m^3, alors qu'à 01.40 heures (22. 1. 69) l'activité de cet échantillon avait diminué d'un facteur 200.

Pour déterminer à quels isotopes il fallait attribuer la composante diminuant si rapidement, on filtra dans la salle des machines du réacteur 10 m^3 d'air et on ferma hermétiquement le filtre qui fut immédiatement transporté à Fribourg. Une première mesure avec un cristal de NaI à 06.10 heures, des mesures ultérieures avec une diode-Ge, de même que des analyses de Sr à la EAWAG, ont fourni une analyse complète. La part prédominante de l'activité du filtre dans l'air (plus que 999 ‰) provenait du Rb-88 (17,8 min. de demi-vie), un sous-produit du Kr-88. Ce résultat permit de tirer les conclusions suivantes:

a) L'échantillon prélevé devant la porte principale (45 000 pCi/m³) a également diminué rapidement, ce qui peut être expliqué par le fait que son activité provenait principalement du Rb-88.

b) Si l'activité de l'air de Bussy n'est pas à attribuer à une émanation naturelle relativement élevée, sa diminution peut facilement être expliquée par la prépondérance de Kr-88-Rb-88.

Les analyses gamma entreprises immédiatement confirmèrent la constatation faite déjà à 24.00 heures par les experts de Fribourg, à savoir que l'accident ne présentait absolument aucun danger pour la population des environs.

1.2. *Mesures ultérieures*

Le 23. 1. 69 le Laboratoire de Fribourg reçut un filtre à air de la caverne du réacteur pour en déterminer l'activité en vue de savoir si l'on pouvait encore relâcher de l'air de la caverne. Après un préfiltrage à travers un filtre normal utilisé au CNL, cet air fut recueilli sur un filtre à iode. A part les isotopes de l'iode il contenait seulement du Te-132 (fortement amoindri). Il est clair d'après les résultats (tolérance pour le personnel (air repiré): I-131 3000 pCi/m³, I-133 10 000 pCi/m³), que l'élimination par la cheminée était sans autre possible si l'on tenait compte de la dilution dans l'air libre, même en admettant très prudemment que seulement 90% de l'iode était retenu par le filtre à iode.

Un échantillon de contrôle de la traînée d'air vicié ne montra aucune activité bêta dépassant l'effet zéro; la mesure de l'activité-α effectuée à Bâle donna 0,4 pCi de Pu-239/m³ d'air (tolérance pour le personnel respirant continûment: 0,6 pCi/m³).

Cette mesure intentionnelle s'est ainsi révélée être sans aucun risque pour la population environnante.

La pièce du filtre en fibre de verre, provenant de l'appareillage de contrôle de la haute cheminée, et qui contenait l'air vicié du 21 au 30. 1. 69, a été analysée le 24. 2. 69 à Fribourg avec une diode-Ge, en vue de rechercher des rayons gamma. Cette analyse permit de fixer un point de repère concernant la proportion d'isotopes de longue vie dans l'activité qui s'était échappée par la cheminée. Comme l'indiquent le tableau 30 et la figure 21, l'isotope prépondérant au moment de la mesure était le Cs-137. Dans la dernière colonne du tableau 30 sont notées les activités des isotopes individuels mis en évidence, rapportées au jour de l'accident. Parmi ceux-ci, le Te-132 est le plus fortement représenté (le I-131 n'est que partiellement retenu par le filtre en fibre de verre; pour cette raison, l'activité mesurée constitue une limite inférieure), le Ba-140 et le Cs-137 sont environ 10 fois plus faibles et les autres isotopes de longue durée de vie ont, par rapport au Ba et au Cs, une activité plus faible encore d'un ordre de grandeur.

Les morceaux des filtres du 21./22. 1. (accident) et du 24./25. 1. (libération de l'air de la caverne) ont été préparés chimiquement au EIR et analysés à Bâle pour déterminer leur activité alpha. Ils ne contenaient pratiquement que

du Pu-239 avec des activités de (51,0 ± 0,9) pCi (21./22. 1. 69) et (12,6 ± 0,5) pCi (24./25. 1. 69).

2. *Décontamination de l'eau polluée de radioactivité avec des filtres de tourbe*

En 1958 et 1959, la EAWAG a entrepris ses premiers essais pour décontaminer des eaux radioactives en les faisant diffuser à travers des colonnes de tourbe[1].

De nouveaux essais, destinés à déterminer comment différents types de tourbe (tourbe de bas-marais, tourbe de haut-marais) se prêtent à la décontamination d'eau contenant du Sr-90-Y-90 et à connaître les conditions optimales de désactivation, ont été terminés en 1969.

De ces observations, il faut relever que l'effet de désactivation pour du Sr-90-Y-90 dissous en cations varie avec le type, mais aussi fortement avec l'état de la tourbe.

C'est ainsi que le meilleur effet a été obtenu avec de la tourbe de bas-marais empreinte de l'humidité du fossé, semi-séchée (50% de H_2O) ou fortement congelée (avec ou sans séchage ultérieur). Cependant, si cette tourbe de bas-marais empreinte de l'humidité du fossé est séchée à l'air jusqu'à un contenu en eau de 10% environ, elle perd une grande partie de son effet comparée à la tourbe de haut-marais. L'ordre de grandeur de la décontamination d'une eau contenant du Sr-90-Y-90 est donné par la capacité d'échange des cations de la tourbe. Les facteurs limitant l'effet de désactivation sont toutes les grandeurs (p.ex. la concentration des ions d'hydrogène et le contenu en cations de la solution de désactivation) qui sont déterminantes pour la capacité d'échange des cations d'une tourbe donnée. Des expériences faites à une échelle semi-technique ont établi une capacité de passage spécifique maximale de 300 μCi Sr-90-Y-90/kg de tourbe anhydre (tourbe de bas-marais congelée puis séchée).

Des essais de décontamination avec de l'eau contenant du I-131 ont montré que l'effet de désactivation de la tourbe dépend de la concentration de I^-.

10. Remarques

Comme au cours des années précédentes, la contamination de la biosphère en 1969 est demeurée à un niveau bas. L'activité spécifique moyenne du Sr-90 dans le lait a légèrement diminué: 12 pCi/l contre 15 pCi/l en 1968. On obtient ainsi comme valeur moyenne de l'activité de Sr-90 absorbée au total dans la nourriture par la population en 1969 (voir rapport 8, p. 87, 1964): 18 pCi/jour (1965 72 pCi, 1966 49 pCi, 1967 25 pCi, 1968 22 pCi).

Cette suite d'années où le contenu de Sr-90 dans la nourriture est resté faible se répercute nettement sur le contenu en Sr-90 des os. Celui-ci diminua d'un maximum de 2,61 unités de strontium en 1967 à 1,84 US en 1968 et 1,53 US en 1969. D'après les normes internationales, la dose maximale dans les os permise pour la population en général est de 70 US.

[1] Voir 2e et 3e rapports.

Les échantillons d'eaux usées prélevés dans des installations ou exploitations utilisant un réacteur et travaillant avec des nuclides radioactifs n'ont nulle part révélé des concentrations d'activité non autorisées.

L'accident du 21. 1. 1969 au réacteur de Lucens est resté dans un cadre qui n'a jamais donné lieu à des craintes pour la population environnante. Il a fourni à l'organisation d'alarme une occasion d'intervenir en cas de radioactivité élevée. Les tâches de surveillance imposées ont pu être remplies. Lors de cet incident de contamination, il est apparu qu'il est essentiel d'avoir la possibilité de disposer immédiatement d'équipes de mesure pour intervenir. Il a donc été décidé de créer de telles équipes. Elles seront recrutées là où de telles tâches de surveillance existent déjà.

Une fois de plus, l'explosion d'essai chinoise de l'ordre de la mégatonne a élevé un peu la contamination mondiale. Le respect par toutes les puissances du traité sur l'arrêt des expériences atomiques dans l'espace est important aussi à l'avenir.

Membres de la Commission

Prof. Dr P. Huber, Bâle, Président
Prof. Dr J. Rossel, Neuchâtel, Vice-président
P. Ackermann, Station aérologique de Payerne
Prof. Dr O. Huber, Fribourg
Prof. Dr O. Jaag, EPF, Zurich
Prof. Dr J. Wellauer, Université, Zurich

Bâle, le 18 juin 1970