

**Zeitschrift:** Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

**Band:** - (2018)

**Rubrik:** Surveillance de l'environnement : résumé = Umweltüberwachung : Zusammenfassung

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

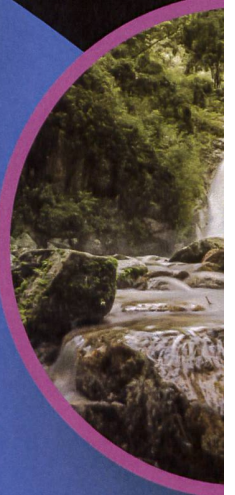
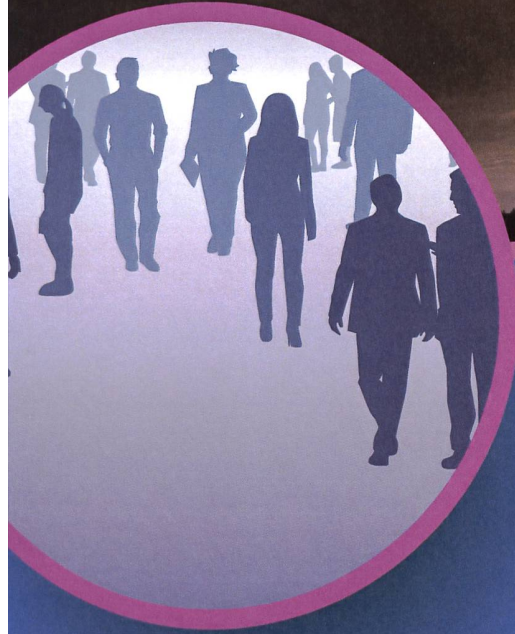
### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 08.02.2025

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

2018



## Chapitre / Kapitel 1

Surveillance de l'environnement : résumé  
Umweltüberwachung : Zusammenfassung

# 1.1

## Surveillance de l'environnement : Résumé

**S. Estier, P. Steinmann**

Section Radioactivité de l'environnement, OFSP/URA, Berne

### Tâches et programme de mesures

#### Surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement

Conformément à l'Art. 191 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), l'OFSP est responsable de la surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement.

Le programme de surveillance mis en œuvre comporte plusieurs volets. Il a d'une part pour objectif la détection rapide de tout apport supplémentaire de radioactivité d'origine artificielle, pouvant avoir des conséquences graves sur la santé de la population (accident radiologique). Le programme de surveillance vise, d'autre part, à déterminer les niveaux de référence de la radioactivité dans l'environnement en Suisse ainsi que leurs fluctuations, afin de pouvoir évaluer les doses de rayonnements auxquelles la population suisse est exposée. Fait partie de cette surveillance générale le suivi des anciennes contaminations dues aux essais nucléaires atmosphériques américains et soviétiques des années 50 et 60 ainsi que de l'accident de Tchernobyl.

Par ailleurs, la surveillance mise en place doit permettre de déterminer l'impact effectif des centrales nucléaires ainsi que des centres de recherche ou des entreprises utilisant des substances radioactives sur l'environnement et sur la population avoisinante. Cette surveillance spécifique, focalisée autour des installations disposant d'une autorisation stricte de rejet de substances radioactives dans l'environnement, s'effectue en collaboration avec les autorités de surveillance respectives, l'Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire (IFSN) pour les centrales nucléaires, la SUVA pour les industries. Elle commence par le contrôle des émissions (rejets de substances radioactives) de ces entreprises, afin de s'assurer que les limites sont respectées, et se poursuit par la surveillance de leurs immissions, à savoir des concentrations effectivement mesurées dans l'environnement.

Afin de répondre à l'ensemble de ces objectifs, l'OFSP élabore chaque année un programme de prélèvements d'échantillons et de mesures en collaboration avec l'IFSN, la SUVA et les cantons (Art. 193 ORaP). Il coordonne ce programme de surveillance, auquel participent également d'autres laboratoires de la Confédération et divers instituts universitaires. La liste complète des laboratoires participant au programme de surveillance figure dans les annexes 1 et 2. L'OFSP collecte et interprète l'ensemble des données, et publie annuellement les résultats de la surveillance de la radioactivité ainsi que les doses de rayonnement qui en résultent pour la population (Art. 194 ORaP).

#### Programme de mesures (voir annexes 3 et 4)

Le programme de surveillance couvre de nombreux compartiments environnementaux, qui vont de l'air aux denrées alimentaires, en passant par les précipitations, le sol, l'herbe, les eaux superficielles et souterraines, les eaux potables et les sédiments. Des mesures sur site (spectrométrie gamma in situ) complètent ces analyses en permettant de mesurer directement la radioactivité déposée sur le sol. Le contrôle en fin de chaîne de contamination est réalisé par des analyses de la radioactivité assimilée dans le corps humain.

A ce programme général s'ajoute l'analyse d'échantillons en phase de rejet provenant des centrales nucléaires, des eaux de stations d'épuration et de décharges ou encore des eaux de lavage des fumées d'usines d'incinération.

Des réseaux automatiques de mesure enregistrent le débit de dose ambiant gamma dans tout le pays (réseau automatique NADAM de mesure et d'alarme pour l'irradiation ambiante) et en particulier au voisinage des centrales nucléaires (réseau automatique de surveillance du débit de dose au voisinage des centrales nucléaires, MADUK). La radioactivité des aérosols et des eaux de rivière (figure 1) est mesurée en continu grâce au réseau automatique de mesure URAnet de l'OFSP (volet «aero» pour la surveillance de l'air et volet «aqua» pour la surveillance de l'eau, voir plus bas). En plus des mesures automatiques, des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eaux de rivière sont effectués en continu afin de procéder à des analyses très sensibles en laboratoire; la surveillance des sédiments, du sol, de l'herbe, du lait et des denrées alimentaires (y compris les importations) s'effectue dans le cadre de contrôles par sondage. Les données sont enregistrées dans une banque de données nationale administrée par l'OFSP. Les résultats des mesures des réseaux automatiques ainsi que la majorité des résultats des mesures de la radioactivité dans des échantillons environnementaux effectués en laboratoire sont consultables en ligne sur le site [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch). Par contre les résultats de mesures spéciales (par ex. mesure dans les vertèbres, dents de lait,  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages, etc.) ne sont, pour l'heure, disponibles que dans le rapport publié annuellement. Les programmes de surveillance sont comparables à ceux en vigueur dans les pays voisins. Les techniques d'échantillonnage et les programmes de mesure correspondent à l'état actuel des connaissances et de la technique. Le contrôle de la qualité s'effectue par la participation régulière des laboratoires à des intercomparaisons nationales et internationales.

#### Nouveau réseau automatique de mesure URAnet

Le nouveau réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air (URAnet aero) est pleinement opérationnel depuis septembre 2018. Il remplace l'ancien réseau RADAIR, mis en service après l'accident de Tchernobyl et devenu obsolète. Ce nouveau réseau permet d'identifier et de quantifier les radionucléides présents dans l'air et génère une alarme en cas de dépassement des seuils fixés. Il est constitué de 15 sondes de mesure, réparties sur l'ensemble du territoire (voir Figure 1). Les différentes régions géographiques de la Suisse sont couvertes, le réseau étant toutefois plus dense dans les régions à la fois fortement peuplées et aussi concernées par d'éventuels rejets de radioactivité dans l'air en provenance d'une centrale nucléaire.

Le nouveau réseau est capable de détecter des niveaux de radioactivité largement plus faibles que son prédécesseur (limite de détection de l'ordre de 1 à 2.5 milli-becquerels par mètre cube ( $\text{mBq}/\text{m}^3$ ) pour le césium-137 sur une mesure de 12 heures). Une telle sensibilité rend désormais possible la détection automatique de très faibles concentrations de radioactivité dans l'air, même si celles-ci ne présentent pas de danger pour la santé, et permet ainsi une meilleure évaluation des doses reçues par la population.

Le volet du réseau dédié à la surveillance des eaux de l'Aar et du Rhin (URAnet aqua), qui comprend cinq sondes aquatiques, est opérationnel depuis 2015. Avec la mise en service du volet dédié à la surveillance de l'air, la Suisse dispose maintenant d'un réseau de surveillance automatique de la radioactivité dans l'environnement approprié et performant.

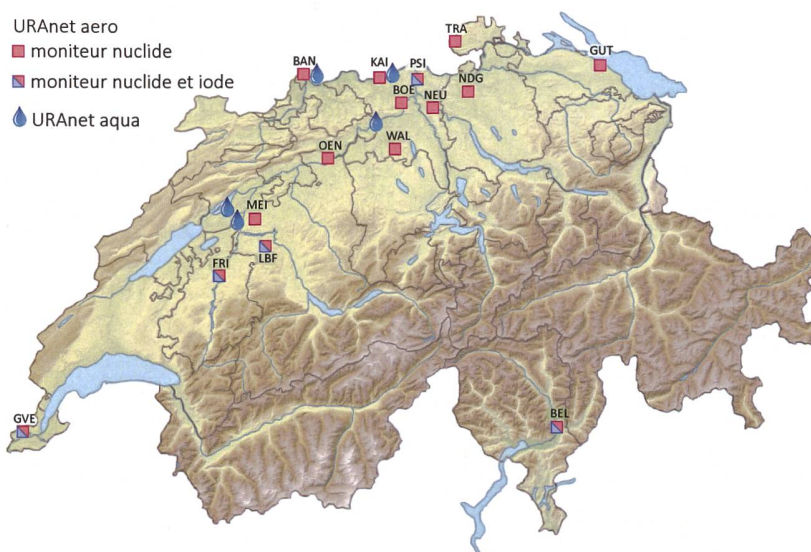


Figure 1: Réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans l'air (URAnet aero) et dans les cours d'eau (URAnet aqua).

## Résultats de la surveillance 2018

### Surveillance générale : air, précipitations, eaux, sols, herbes, lait et autres denrées alimentaires

Les résultats de la surveillance de la radioactivité dans l'air, les précipitations, l'herbe et le sol enregistrés en 2018 sont généralement restés comparables à ceux des années précédentes et montrent que la radioactivité naturelle est prédominante dans ces compartiments environnementaux. Les résultats des mesures des filtres aérosols à haut débit, disponibles sur Internet ([www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch)), ont ainsi montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le  $^7\text{Be}$  cosmogénique ou le  $^{210}\text{Pb}$ .

Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au  $^7\text{Be}$  ainsi qu'au tritium, tous deux produits par le rayonnement cosmique. Pour le tritium, un apport artificiel par les rejets des centrales nucléaires et de certaines industries est également mesurable en différents endroits (voir chapitres consacrés à la surveillance de ces entreprises). Dans les rivières, la teneur en tritium est généralement de quelques Bq/l.

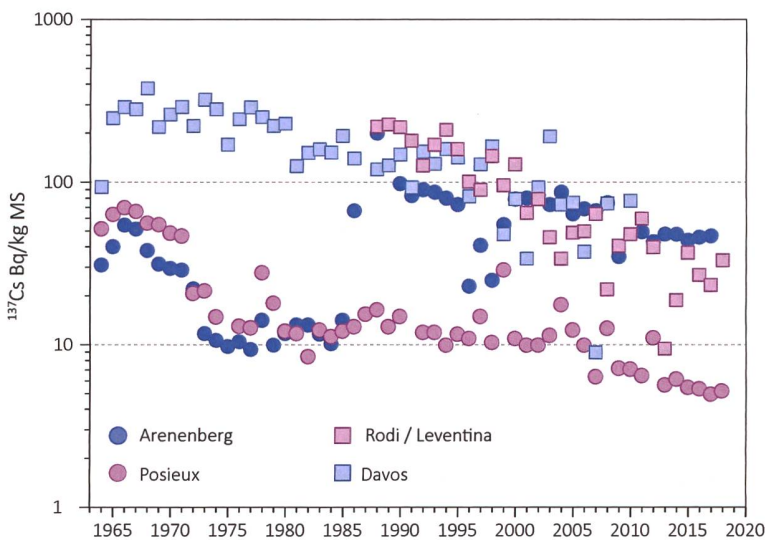


Figure 2:  
 $^{137}\text{Cs}$  (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964 - 2018).

Dans le sol, on retrouve essentiellement les isotopes naturels issus des séries de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi que le  $^{40}\text{K}$ . Les isotopes artificiels proviennent des dépôts atmosphériques et montrent des différences régionales, liées aux particularités des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées pour le  $^{137}\text{Cs}$  (voir fig. 2) et le  $^{90}\text{Sr}$  sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le  $^{239}\text{Pu}$  et le  $^{240}\text{Pu}$  et l' $^{241}\text{Am}$ , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

Dans l'herbe et les denrées alimentaires, c'est aussi le  $^{40}\text{K}$  naturel qui domine. Les radionucléides artificiels comme le  $^{137}\text{Cs}$  ou le  $^{90}\text{Sr}$  (voir figure 4), qui sont absorbés par les plantes à travers leurs racines, ne sont décelables dans

l'herbe que sous forme de traces. Leur répartition régionale est similaire à celle enregistrée pour le sol.

Les échantillons de céréales ainsi que de fruits et légumes prélevés en Suisse n'ont pas présenté d'activité artificielle significative, à l'exception de traces de  $^{137}\text{Cs}$  dans un échantillon de céréales (0.4 Bq/kg) en provenance du Tessin ainsi que dans un échantillon de salade (0.1 Bq/kg matière fraîche - m.f.) prélevé dans le Nord de la Suisse. Dans le lait de vache, la teneur en  $^{137}\text{Cs}$  est généralement restée inférieure à la limite de détection qui se situe entre 0.02 et 1 Bq/l selon les laboratoires de mesure. Seuls quelques échantillons de lait sur plus de 130 analysés en 2018 ont présenté une activité en  $^{137}\text{Cs}$  mesurable: la valeur maximale de 11 Bq/l a été enregistrée dans un échantillon prélevé au Tessin; dans les autres échantillons, provenant des vallées sud des Grisons, le  $^{137}\text{Cs}$  n'était présent que sous forme de traces (env. 1 Bq/l). Les activités mesurées étaient donc nettement inférieures à la valeur maximale admise pour le  $^{137}\text{Cs}$ , à savoir 600 Bq/l, selon l'Ordonnance Tchernobyl pour les denrées contaminées à la suite de cet accident. Rappelons que le Tessin a été la région la plus touchée de Suisse par les retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl, ce qui explique que le  $^{137}\text{Cs}$  y soit toujours mesurable à des niveaux plus élevés dans certains échantillons, 30 ans après l'accident. Les teneurs en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans 66 échantillons de lait par le canton de BS, l'IRA et le laboratoire de Spiez étaient toutes nettement inférieures à 1 Bq/l (ancienne valeur de tolérance selon l'OSEC pour ce radionucléide), avec une valeur maximale enregistrée de 0.2 Bq/l.

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bais et les pholiotas ridés présentent toujours des valeurs accrues de  $^{137}\text{Cs}$ . 64 échantillons de champignons sauvages indigènes ont été analysés par les laboratoires cantonaux (TI, ZH et AG) en 2018. Dans deux échantillons de bolets bais prélevés au Tessin, les activités spécifiques de  $^{137}\text{Cs}$  étaient supérieures à la valeur maximale de 600 Bq/kg fixée pour ce radio-

nucléide dans l'Ordonnance Tchernobyl. Cette année encore, le canton du Tessin a poursuivi le contrôle systématique des sangliers chassés sur son territoire mis en place en 2013 en collaboration avec l'OFSP. En 2018, 571 sangliers ont ainsi fait l'objet d'une mesure de tri, réalisée sur place à l'aide d'un instrument dosimétrique. Dans 4.4% des cas, un dépassement de la valeur maximale pour le  $^{137}\text{Cs}$ , fixée à 600 Bq/kg selon l'Ordonnance Tchernobyl, a été constatée et les sangliers concernés ont été confisqués par le vétérinaire cantonal.

Suite à l'accident de Fukushima-Daichi, la Suisse comme l'Union Européenne, a initié un programme de contrôle des denrées alimentaires en provenance du Japon. Depuis 2017 toutefois, le nombre d'analyses effectuées dans le cadre de ces programmes a significativement diminué et seuls une dizaine d'échantillons en provenance du Japon ont été mesurés par les laboratoires cantonaux (ZH) en 2018, contre plus de 80 en 2016. Ceci s'explique par le fait que le  $^{137}\text{Cs}$  n'étaient déjà pratiquement plus mesurables dans les échantillons de denrées alimentaires en provenance du Japon analysés en 2016. Les résultats 2018 confirment ce constat puisqu'aucune trace de  $^{137}\text{Cs}$  n'a été décelée dans les échantillons analysés dans le cadre du programme de contrôle des denrées alimentaires en provenance du Japon.

Des analyses de denrées alimentaires importées provenant d'autres pays, notamment d'Europe de l'Est, ont également été effectuées comme chaque année par les laboratoires cantonaux. Ces analyses ont essentiellement porté sur les baies des bois (et produits à base de baies des bois), la viande de gibier et les champignons sauvages, qui sont connus pour accumuler davantage le  $^{137}\text{Cs}$ . La plupart des échantillons n'ont présenté que de faibles traces de  $^{137}\text{Cs}$ , avec sporadiquement quelques valeurs plus élevées notamment dans les champignons (maximum de 51 Bq/kg m.f.) mais toutes les valeurs mesurées sont restées nettement inférieures à la valeur maximale pour le  $^{137}\text{Cs}$  fixée dans l'Ordonnance Tchernobyl.

Ainsi, les quelques dépassements de la valeur maximale (Ordonnance Tchernobyl) constatés en 2018 pour le  $^{137}\text{Cs}$  dans les denrées alimentaires indigènes (sangliers, champignons) sont toujours dus, plus de 30 ans après, aux retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 4, 5 et 7.2.*

### Surveillance du voisinage des centrales nucléaires

Les valeurs limites pour les émissions des centrales nucléaires sont fixées par l'autorité compétente de telle sorte qu'aucune personne résidant à proximité ne puisse recevoir une dose efficace supérieure à 0.3 mSv/an (rayonnement direct compris). L'exploitant doit mesurer ses émissions et en communiquer le bilan à l'IFSN. Des analyses effectuées en parallèle par l'exploitant, l'IFSN et l'OFSP sur des filtres à aérosols et à iode ainsi que sur des échantillons d'eau en phase de rejet permettent de vérifier régulièrement les valeurs déclarées aux autorités. Les divers contrôles ont confirmé le respect des limites réglementaires par les exploitants en 2018.

La contribution du rayonnement direct est clairement mesurable en certains points de la clôture des centrales de Leibstadt et de Mühleberg. Ainsi, à Mühleberg et à Leibstadt l'évaluation des dosimètres disposés à la clôture de la centrale a montré une élévation de la dose ambiante annuelle pouvant atteindre 1.1 mSv (après soustraction du bruit de fond naturel). Ces valeurs respectent l'Art.79 de l'ORaP sur la limitation des doses ambiantes en dehors des secteurs contrôlés et surveillés, puisqu'aucune personne ne séjourne de manière durable en ces endroits. Il convient en effet de relever qu'il s'agit ici de dose ambiante et non de dose à la personne. Ces valeurs ne sont donc pas à mettre en relation avec la valeur directrice de dose liée à la source de 0.3 mSv/an puisqu'aucun membre du public ne réside pour de longue période en ces endroits.

Les résultats du programme de surveillance des immissions autour des centrales nucléaires ont montré que l'impact de ces dernières sur l'environnement est resté faible en 2018 (voir Chapitre 8.5 du présent rapport). Les méthodes de mesure, d'une grande sensibilité, ont permis de mettre en évidence les traces des rejets atmosphériques, comme des valeurs accrues de  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 94 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). A titre indicatif, notons qu'une activité supplémentaire de 100 pour mille de  $^{14}\text{C}$  dans les denrées alimentaires induit une dose annuelle supplémentaire de l'ordre de 1 micro-Sv. Les concentrations de tritium dans les précipitations sont généralement restées faibles.

Suite à la réduction substantielle des rejets d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Mühleberg, aucune trace de  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$  ou de  $^{60}\text{Co}$  n'a pu être mise en évidence dans les échantillons d'eau de l'Aar ou du Rhin, prélevés en aval des centrales nucléaires en 2018. Par le passé, de faibles traces de ces radionucléides, étaient régulièrement détectées, notamment dans l'Aar à Hagneck, en aval de la centrale de Mühleberg. Le  $^{137}\text{Cs}$  présent dans les échantillons d'eau de l'Aar et du Rhin, provient quant à lui essentiellement de la remobilisation des dépôts de Tchernobyl et des essais d'armes atomiques des années 60. Les traces des rejets liquides des centrales nucléaires, et en particulier le  $^{54}\text{Mn}$  et le  $^{60}\text{Co}$ , ont par contre encore été sporadiquement décelées dans les échantillons mensuels de sédiments prélevés dans l'Aar, alors que seul le  $^{60}\text{Co}$  a pu être mis en évidence dans certains sédiments prélevés dans le Rhin à Pratteln.

Les concentrations mensuelles du tritium dans l'Aar et le Rhin sont généralement restées inférieures à la limite de détection de 2 Bq/l à l'exception de la période mai-juin, où, comme chaque année, on constate une légère augmentation (env. 15 Bq/l dans l'Aar à Brugg en mai) en raison de rejets plus importants d'eau contenant du tritium par la centrale nucléaire de Gösgen avant la période de révision.

Les analyses des poissons prélevés dans l'Aar et le Rhin en aval de KKM, KKB et KKL en 2018 n'ont pas révélé la présence d'émetteurs gamma d'origine artificielle. Le constat est le même pour l'examen des eaux des nappes phréatiques. Les résultats des mesures de la radioactivité dans les denrées alimentaires prélevées au voisinage des centrales sont semblables à ceux enregistrés ailleurs sur le Plateau Suisse.

Par ailleurs, aucune valeur élevée de tritium n'a plus été enregistrée dans le système de drainage de l'ancienne centrale nucléaire de Lucens, depuis la mise en place par l'OFSP du programme de surveillance rapprochée au printemps 2012.

Hormis les quelques exemples précités et comme le montre la figure 3, les résultats des mesures environnementales effectuées au voisinage des installations nucléaires ne se distinguent pas de ceux enregistrés dans les endroits situés hors de leur influence. Ils montrent que la radioactivité d'origine naturelle prédomine et que les contaminations détectables proviennent principalement des essais nucléaires des années 60 et de l'accident de Tchernobyl ( $^{137}\text{Cs}$ ).

Cependant, même si l'exposition de la population attribuable aux rejets des centrales nucléaires conduit à des doses très faibles par rapport à celles d'origine naturelle ou médicale, le principe d'optimisation demande de poursuivre les contrôles et les études avec le plus de précision possible, afin de répondre aux différents objectifs à la fois d'ordre scientifique, réglementaire et d'information du public.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 3.1, 4.4, 7.1, 7.2 et 8.1 à 8.5.*

### **Surveillance des centres de recherche**

Le contrôle par le CERN des émissions de ses installations a indiqué des rejets effectifs nettement inférieurs aux limites réglementaires en 2018. Ce constat est confirmé par le programme de surveillance indépendant mis en œuvre par l'OFSP autour du centre de recherche. Les résultats des mesures effectuées ont révélé la présence dans l'air de traces sporadiques de certains radionucléides produits par les accélérateurs du CERN, comme le  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{41}\text{Ar}$  et  $^{131}\text{I}$ . L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante est toutefois resté très faible puisque les activités maximales des radioéléments attribuables au centre de recherche relevées dans l'environnement n'ont représenté que d'infimes fractions des valeurs limites fixées par la législation suisse sur la radioprotection.

La dose d'irradiation reçue par la population vivant au voisinage du PSI/ZWILAG ne doit pas excéder, au total 0.15 mSv/an pour les deux installations. Selon l'évaluation de l'IFSN, les rejets effectifs du PSI/ZWILAG ont entraîné en 2018 une dose supplémentaire de 0.007 mSv pour la population avoisinante, soit environ 5% de cette valeur. La quasi-totalité de cette dose provient des rejets de gaz rares de courte période produits dans les accélérateurs de particules de la zone West de l'institut. La surveillance de l'environnement est assurée par le PSI ainsi que par l'OFSP qui effectue des mesures supplémentaires de manière indépendante. Hormis quelques valeurs sporadiquement plus élevées de tritium dans les précipitations, les résultats de la surveillance au voisinage du PSI n'ont pas mis en évidence de marquage de l'environnement dû au fonctionnement des installations du centre de recherche.

*Pour les informations détaillées, se référer au chapitre 8.*

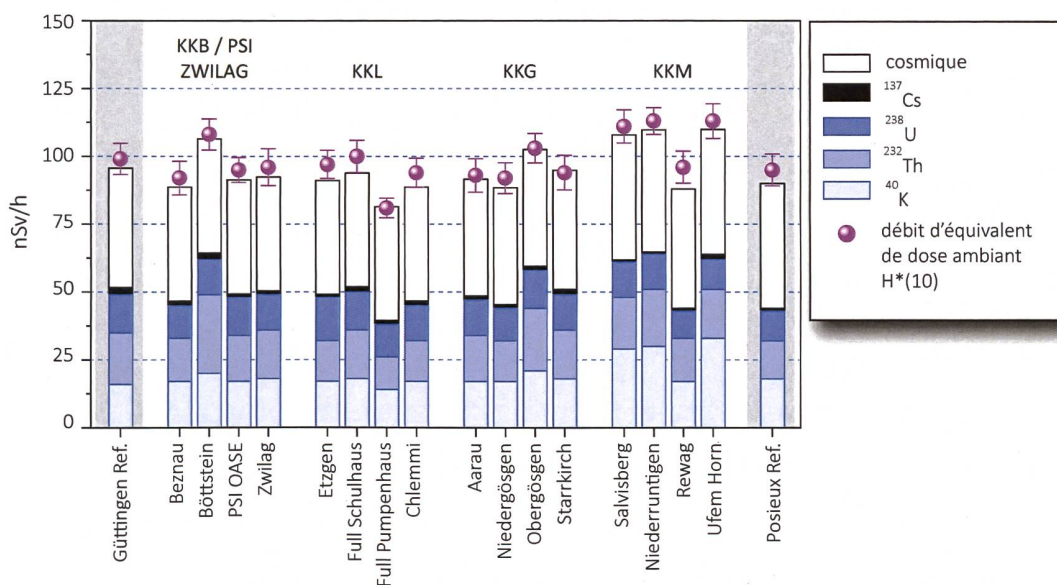


Figure 3:

Contributions individuelles à l'exposition ambiante ( $H^*(10)$ ) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2018 au voisinage des centrales nucléaires suisses ainsi qu'aux sites de référence de Güttingen et Posieux (grisé). Ces contributions ont été calculées à partir des mesures de spectrométrie gamma in situ; le résultat de la mesure directe de l'exposition globale à l'aide d'une chambre d'ionisation est également représenté afin d'apprécier la fiabilité de la méthode.

### Tritium dans l'industrie

Certaines entreprises industrielles utilisent également des substances radioactives. Le tritium est le radionucléide le plus utilisé dans ce domaine en Suisse, par exemple pour la fabrication de sources lumineuses au gaz de tritium ou pour la production de marqueurs radioactifs au tritium pour la recherche. Ces entreprises sont tenues de communiquer à l'autorité de surveillance le bilan de leurs émissions. En 2018, toutes les entreprises concernées ont respecté les valeurs limites pour les rejets fixées dans leur autorisation. L'OFSP met en œuvre un programme de surveillance spécifique pour contrôler les immissions autour de ces entreprises. Le tritium est ainsi analysé dans les précipitations, l'humidité de l'air, les eaux superficielles et dans certains cas, les denrées alimentaires.

En 2018, comme au cours des années précédentes, les résultats de cette surveillance ont montré un marquage significatif de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par le tritium, à proximité immédiate de ces entreprises, notamment à Niederwangen. Les concentrations de tritium enregistrées dans les précipitations à la station Firma, située au voisinage de l'entreprise mb microtec, se sont ainsi élevées en moyenne à 652 Bq/l en 2018, avec une valeur maximale de 1'534 Bq/l en mars. Cette valeur représente 7.7% de la nouvelle limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Des valeurs plus élevées de tritium ont également été mesurées dans les distillats de fruits et légumes (pommes, poires, pruneaux, rhubarbes, légumes divers) récoltés fin août au voisinage de l'entreprise, atteignant 331 Bq/l dans le distillat d'un échantillon de pruneaux et 234 Bq/l dans celui d'un échantillon de pomme. Dans les distillats des échantillons de lait, les concentrations en tritium étaient plus faibles (valeur maximale de 23 Bq/l). Bien que ces valeurs soient significativement plus élevées que la normale, la consommation régulière (50 kg/an) de produits avec une concentration de tritium égale à la valeur maximale enregistrée en 2018 conduirait à une dose supplémentaire de l'ordre de 1 à 2 micro-Sv en fonction de l'âge du consommateur et de la forme chimique du tritium; par conséquent ces denrées ne représentent pas de risque pour la santé du consommateur. La SUVA, en tant qu'autorité de surveillance responsable, avait déjà pris contact avec l'entreprise suite aux concentrations élevées enregistrées dans les denrées alimentaires en 2017. L'entreprise s'était alors engagée à prendre des mesures afin de réduire les rejets sur le long terme, en rénovant son système de ventilation. Ce projet se terminera courant 2019 et les émissions devraient diminuer dès fin 2019, début 2020.



Les concentrations de tritium mesurées dans les échantillons hebdomadaires de précipitations de Teufen/AR, au voisinage de l'entreprise RC Tritec, sont quant à elles nettement plus faibles. Avec une valeur maximale de 160 Bq/l et une médiane de 25 Bq/l, les concentrations de tritium mesurées dans les précipitations de Teufen en 2018 sont parmi les plus basses enregistrées depuis le début de la surveillance.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 5, 9.1 et 9.3.*

### Héritages radiologiques

Le plan d'action radium 2015-2019, approuvé par le Conseil fédéral en mai 2015, vise à régler le problème des héritages radiologiques liés à l'application de peinture luminescente au radium dans l'industrie horlogère jusque dans les années 1960.

Depuis 2014 et jusqu'à fin 2018, près de 540 bâtiments regroupant plus de 3'000 appartements (ou objets commerciaux) ont fait l'objet d'un diagnostic du radium principalement dans les cantons de Neuchâtel, Berne et Soleure, mais aussi dans d'autres cantons tels que Bâle-Campagne, Genève, Jura, Tessin, Vaud et Zurich.

En présence de traces de radium dans des locaux intérieurs, l'OFSP évalue la dose annuelle supplémentaire pouvant être reçue par les occupants sur la base des résultats de mesure et de scénarios d'exposition. Ces scénarios ont pour objectif d'exclure, pour tout occupant actuel ou futur, une exposition supérieure à la limite de dose de 1 mSv/an tolérée pour la population suisse. Si le résultat de cette estimation montre que cette valeur peut être dépassée pour l'occupant potentiellement le plus exposé à la présence de radium, alors la décision est prise d'assainir les locaux. Pour les jardins, un assainissement est requis en cas de dépassement de la valeur seuil de 1'000 becquerels par kilogramme (Bq/kg) pour la concentration en radium dans la terre sèche.

Parmi les biens-fonds contrôlés, 100 nécessitent un assainissement lié au  $^{226}\text{Ra}$ , ce qui représente 70 appartements (ou objets commerciaux) et 64 jardins. En ce qui concerne les locaux intérieurs, les doses estimées pour l'occupant actuel ou futur potentiellement le plus exposé se situent dans la majorité des cas (57) entre 1 et 5 mSv/an. Dans 8 appartements, la dose potentiellement reçue par la personne la plus exposée se situe entre 5 et 10 mSv/an, dans 4 appartements entre 10 et 15 mSv/an et dans un appartement entre 15 et 20 mSv/an. Les valeurs maximales de radium mesurées dans des échantillons de terre prélevés dans les 64 jardins à assainir s'élèvent en moyenne à 29'000 Bq/kg. Dans un cas, elles avoisinent ponctuellement les 668'200 Bq/kg.

Par ailleurs, l'OFSP a déjà identifié neuf anciens sites industriels figurant au cadastre des sites pollués qui nécessitent un assainissement lié au  $^{226}\text{Ra}$ . Une approche commune doit être développée entre l'OFSP et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), afin de gérer ces situations de pollutions mixtes.

La surveillance des décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium constitue un second volet du plan d'action, mené en étroite collaboration avec l'OFEV ainsi que les communes et cantons concernés. L'exemple de l'ancienne décharge du Lischenweg à Bienne a montré qu'il est possible encore aujourd'hui de découvrir des déchets contaminés au radium avec des niveaux de radioactivité parfois élevés dans les anciennes décharges même s'il s'agit de contaminations très localisées. Durant l'année 2018, l'OFSP a élaboré une stratégie permettant de sélectionner les anciennes décharges figurant au cadastre des sites pollués qui pourraient potentiellement contenir des déchets contaminés au  $^{226}\text{Ra}$ . Les décharges ainsi sélectionnées feront l'objet d'une classification selon le risque potentiel pour les travailleurs et l'environnement en cas de travaux d'excavation. Le risque sanitaire pour la population est en effet minime tant qu'une telle ancienne décharge reste fermée. Des mesures de protection correspondantes au niveau de risque, comme par exemple le tri systématique des matériaux excavés, ont été définies. La stratégie sera présentée aux cantons concernés courant 2019; s'en suivra la publication d'un rapport final. La surveillance radiologique des anciennes décharges s'inscrit sur le long terme et sera intégrée aux prestations de base de l'OFSP.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 9.4.*

### Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux

Les hôpitaux utilisent depuis de nombreuses années de l' $^{131}\text{I}$  pour le diagnostic et le traitement de maladies de la thyroïde. Les patients suivant une thérapie à l'iode et ayant reçu moins de 200 MBq (1 méga Bq =  $10^6$  Bq) en ambulatoire peuvent quitter l'hôpital après la thérapie. Les patients ayant reçu plus de 200 MBq doivent être isolés dans des chambres spéciales pendant les premières 48 heures au moins suivant le traitement. Les excréments de ces patients sont collectés dans des cuves de décroissance dédiées au contrôle des eaux usées et ne sont rejetées dans l'environnement qu'après diminution de leur activité en dessous des valeurs limites d'immissions. Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, des échantillons d'eaux usées sont prélevés chaque semaine dans les stations d'épuration des grandes agglomérations et analysés afin de déterminer leur concentration en  $^{131}\text{I}$ . Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d' $^{131}\text{I}$  (1-2 Bq/l) sont parfois détectées dans les eaux de lavage des fumées des usines d'incinération ou dans les STEP des grandes villes, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection. Notons toutefois que des traces d' $^{131}\text{I}$  (10 à 20 mBq/l) ont été décelées dans les échantillons mensuels d'eaux du Ticino à Riazzino en juillet-août, ainsi qu'en novembre 2018. Ces faibles contaminations sont très probablement dues à des patients traités en ambulatoire à l' $^{131}\text{I}$ . En effet, après avoir quitté l'hôpital les excréments de ces patients, qui contiennent encore de l' $^{131}\text{I}$ , peuvent atteindre les rivières via les eaux usées.

D'autres radionucléides comme l' $^{90}\text{Y}$ , le  $^{177}\text{Lu}$  et depuis 2013 le  $^{223}\text{Ra}$  sont également utilisés par des applications diagnostiques et thérapeutiques. Si l'utilisation du premier est en diminution constante depuis 2010, l'activité annuelle totale de  $^{177}\text{Lu}$  appliquée en Suisse a plus que triplé entre 2007 et 2018 et dépasse depuis 2015 celle du  $^{131}\text{I}$ . L'utilisation du  $^{223}\text{Ra}$  est encore faible et en diminution en 2018 par rapport à 2017. En 2014, l'OFSP avait réalisé un programme spécifique de mesure du  $^{223}\text{Ra}$  afin de suivre la dispersion de ce radionucléide depuis son émission et de s'assurer que la majeure partie de l'activité émise se retrouvait bien dans les boues d'épuration et non dans les rivières, puis dans l'environnement (voir rapport « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse 2014 » de l'OFSP).

Pour davantage d'informations, consulter les chapitres 9.2 et 9.3

### Radioactivité assimilée par le corps humain

L'assimilation de radionucléides par l'intermédiaire de la nourriture peut être recensée par des mesures au corps entier (pour les émetteurs gamma) ainsi que par des analyses de la teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Les mesures au corps entier réalisées aux hôpitaux universitaires genevois depuis près de 40 ans n'ont pu avoir lieu en 2018, mais reprendront en 2019. Sur la base des résultats des années précédentes, il est possible de déterminer les activités du  $^{40}\text{K}$  présent naturellement dans le corps humain: celles-ci s'élèvent en moyenne à environ 56 Bq/kg chez les femmes et à 71 Bq/kg chez les hommes. La teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres et les dents de lait n'est plus aujourd'hui que de l'ordre de la dizaine de mBq/g de calcium (figure 4). Le strontium est assimilé par le corps humain comme le calcium dans les os et les dents.

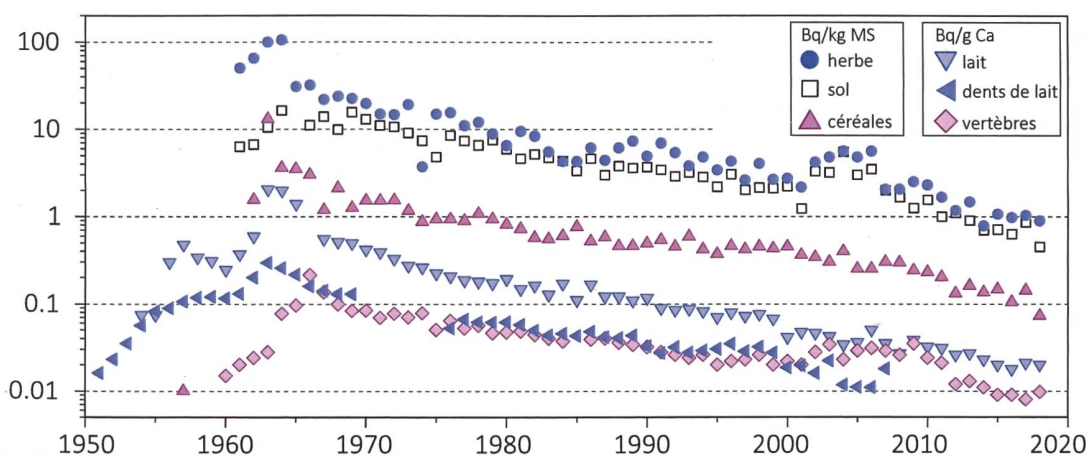


Figure 4:  
 $^{90}\text{Sr}$  dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2018.

Les vertèbres sont choisies comme indicateur de la contamination du squelette car ce sont des os particulièrement spongieux, échangeant rapidement le calcium avec le plasma sanguin. Le prélèvement de vertèbres sur des personnes décédées dans l'année en cours permet de déterminer le niveau de contamination de la chaîne alimentaire en  $^{90}\text{Sr}$ . Quant à la formation des dents de lait, elle débute, dans les mois précédant la naissance et se poursuit durant la période d'allaitement. La mesure du strontium s'effectue lorsque la dent de lait tombe d'elle-même. Elle donne une indication rétroactive de la contamination de la chaîne alimentaire de la mère à l'époque de la naissance de l'enfant. Les valeurs de strontium mesurées dans les dents de lait (figure 4) sont donc répertoriées en fonction de l'année de naissance de l'enfant. Ceci explique que les courbes relatives aux dents de lait et au lait montrent une évolution pratiquement parallèle.

*Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 6.1 et 6.2*

## Evaluation

En Suisse, les concentrations de radionucléides dans l'environnement et les doses d'irradiation de la population dues aux sources de rayonnements artificielles sont restées en 2018, comme les années précédentes, nettement inférieures aux limites légales; le risque sanitaire correspondant peut donc être considéré comme très faible.

Il existe des différences régionales de répartition de la radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement. Si la radioactivité naturelle est essentiellement influencée par la géologie, la part de radioactivité artificielle, comme conséquence des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, est, elle aussi, distribuée de manière inhomogène sur le territoire suisse. Le  $^{137}\text{Cs}$  radioactif de Tchernobyl a par exemple principalement été déposé au Tessin où il est encore présent dans de nombreux échantillons, ainsi que, dans une moindre mesure, sur les reliefs jurassiens et dans certaines parties du nord-est de la Suisse. Les concentrations mesurées diminuent régulièrement depuis 1986, mais des dépassements de la valeur maximale pour le  $^{137}\text{Cs}$  fixée dans l'Ordonnance Tchernobyl sont toujours observés en 2018 dans certaines denrées sensibles comme les champignons ou la viande de certains sangliers du Tessin.

Les résultats des mesures effectuées dans le cadre de la surveillance des centrales nucléaires et des centres de recherche sont semblables à ceux enregistrés au cours des années précédentes. Même si des traces de radionucléides émis par ces installations sont décelables dans l'environnement, (par exemple le  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages ou les isotopes du cobalt dans les sédiments au voisinage des centrales nucléaires ou encore l' $^{41}\text{Ar}$  ou l' $^{131}\text{I}$  dans l'air au voisinage des centres de recherche), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux limites autorisées et n'ont conduit à aucun dépassement des valeurs limites d'immissions. La surveillance mise en œuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a montré un marquage nettement mesurable de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide à proximité immédiate de ces entreprises. A Niederwangen, les concentrations enregistrées dans les précipitations ont ainsi atteint au maximum 7.7% de la valeur limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public. Si des valeurs plus élevées de  $^3\text{H}$  ont également été mesurées dans les échantillons de denrées alimentaires prélevées dans cette localité, elles n'ont pas présenté de risque pour la santé des consommateurs. Quant aux rejets d'effluents radioactifs liquides par les hôpitaux, ils ne sont décelables que sporadiquement dans les eaux des stations d'épuration des grandes villes, à l'exception d' $^{131}\text{I}$  mesuré à plusieurs reprises en 2018 dans les eaux du Ticino à Riazino, et provenant de patients traités en ambulatoire à l' $^{131}\text{I}$ .

En conclusion, les conséquences radiologiques liées au fonctionnement des centrales nucléaires, centres de recherche et industries sont restées très faibles pour les populations avoisinantes. Les traces de radioactivité artificielle décelées reflètent un fonctionnement normal de ces installations et témoignent de l'efficacité des programmes de surveillance mis en œuvre.

# 1.2

## Umweltüberwachung : Zusammenfassung

**S. Estier, P. Steinmann**

Sektion Umweltradioaktivität (URA), BAG, 3003 Bern

### Auftrag und Messprogramm

#### Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) überträgt in Artikel 191 dem BAG die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt.

Das Überwachungsprogramm besteht aus mehreren Teilen. Ziel ist einerseits der schnelle Nachweis jeder zusätzlichen radioaktiven Belastung künstlichen Ursprungs, die schwerwiegende Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung haben kann (Strahlenunfall). Mit dem Überwachungsprogramm sollen andererseits auch die Referenzwerte für die Umweltradioaktivität in der Schweiz und deren Schwankungen bestimmt werden, damit die Strahlendosen für die Schweizer Bevölkerung ermittelt werden können. Diese allgemeine Überwachung umfasst zudem die Messung der Kontaminationen als Folge der oberirdischen Kernwaffenversuche der USA und der Sowjetunion in den 50er und 60er Jahren sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Mit der Überwachung müssen sich ausserdem die effektiven Auswirkungen von Kernanlagen, Forschungszentren und Unternehmen, die radioaktive Substanzen einsetzen, auf die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung feststellen lassen. Diese spezifische Überwachung der Betriebe, welche über eine streng beschränkte Bewilligung zur Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt verfügen, erfolgt in Zusammenarbeit mit den betreffenden Aufsichtsbehörden, das heisst mit dem eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) für die Kernkraftwerke und der Suva für die Industriebetriebe. Sie beginnt mit der Überprüfung der Einhaltung der Abgabelimiten bei den Emissionen (Freisetzung von radioaktiven Stoffen) und setzt sich mit der Überwachung der Immissionen – der effektiv in der Umwelt gemessenen Konzentrationen – fort.

Um allen diesen Zielen nachzukommen, erstellt das BAG jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit dem ENSI, der Suva und den Kantonen (Art. 193 StSV). Es koordiniert dieses Überwachungsprogramm, an dem auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulinstitute beteiligt sind. Die Liste der am Überwachungsprogramm beteiligten Laboratorien findet sich in den Anhängen 1 und 2. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht jährlich die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung zusammen mit den für die Bevölkerung daraus resultierenden Strahlendosen (Art. 194 StSV).

### Messprogramm (siehe Anhänge 3 und 4)

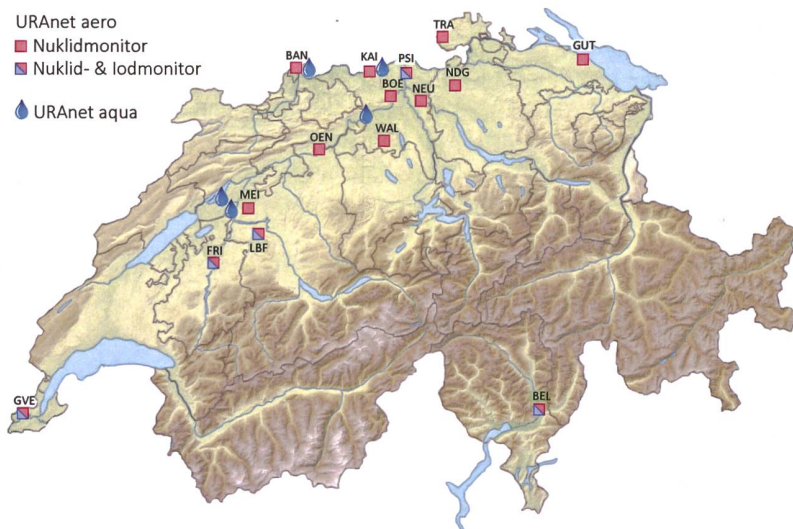
Das Überwachungsprogramm umfasst zahlreiche Umweltbereiche von der Luft über Niederschläge, Boden, Gras, Grundwasser und Oberflächengewässer, Trinkwasser und Sedimente bis zu Nahrungsmitteln. Seit 2010 werden auch Milchzentralen und Grossverteiler von Milch in der ganzen Schweiz beprobt. Messungen vor Ort (In-situ-Gammaspektrometrie), welche die auf dem Boden abgelagerte Radioaktivität direkt erfassen, vervollständigen diese Analysen. Mit Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper werden auch Kontrollen am Ende der Kontaminationskette durchgeführt.

Ergänzt wird dieses allgemeine Programm durch Analysen von Stichproben in den Kernanlagen während kontrollierten Abgaben sowie in Abwässern aus Kläranlagen, Deponien und Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Automatische Messnetze erfassen die Gamma-Dosisleistung über das ganze Land (NADAM = Alarm- und Messnetz zur Bestimmung der Dosisleistung) sowie speziell in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung). Die kontinuierliche Überwachung der Radioaktivität der Aerosole und des Flusswassers (Figur 1) wird durch die automatischen Messnetze URAnet des BAG sichergestellt: URAnet «aero» für die Überwachung der Luft und URAnet «aqua» für die Überwachung des Flusswassers. Zusätzlich zu den automatischen Messungen werden von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser kontinuierlich Proben für empfindliche Messungen im Labor entnommen. Die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Die Messresultate der automatischen Messnetze sowie ein Grossteil der Ergebnisse der Labormessungen sind auf [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch) abrufbar. Hingegen werden die Ergebnisse von speziellen Messprogrammen (z.B. Messungen von Wirbelknochen oder Milchzähnen; <sup>14</sup>C-Messungen in Baumblättern) zurzeit noch ausschliesslich im hier vorliegenden Jahresbericht publiziert. Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Methoden für die Probenentnahme und die Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.

### Das neue automatische Messnetz URAnet

Das neue automatische Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) ist seit September 2018 vollständig in Betrieb. Es ersetzt das veraltete RADAIR Messnetz, das nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl aufgebaut wurde. Das neue Messnetz ermöglicht die Identifikation und Quantifizierung der einzelnen im Aerosol vorhandenen Radionuklide (Gammaemitter) und alarmiert, wenn vordefinierte Warnschwellen überschritten sind. Es umfasst, über das ganze Land verteilt, 15 Messsonden (siehe Figur 1). Das Messnetz deckt alle geographischen Regionen ab, ist aber im Einflussbereich der Kernkraftwerke und dort insbesondere in stark besiedeltem Gebiet verdichtet.



Figur 1:  
Automatische Messnetze zur Überwachung der Radioaktivität in der Luft (URAnet aero) und im Flusswasser (URAnet aqua).

Das neue Messnetz ist auch bezüglich Empfindlichkeit deutlich besser als sein Vorgänger: Für eine 12-Stunden Messung erreicht es eine Nachweisgrenze von 1 bis 2.5 mBq/m<sup>3</sup> für <sup>137</sup>Cs. Diese hohe Empfindlichkeit erlaubt es künftig auch sehr geringe Konzentrationen von Radioaktivität in der Luft rasch zu erkennen, auch wenn diese noch keine Gefahr für die Gesundheit darstellen, und ermöglicht so, die Abschätzung der Strahlendosis für die Bevölkerung zu verbessern.

Der Teil «Flusswasser» von URAnet (URAnet aqua) ist mit fünf Sonden in der Aare und im Rhein seit November 2015 in Betrieb. Mit der vollständigen Inbetriebnahme des Teiles «Luft» verfügt die Schweiz jetzt über ein zweckmässiges und leistungsfähiges automatisches Messnetz zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt.

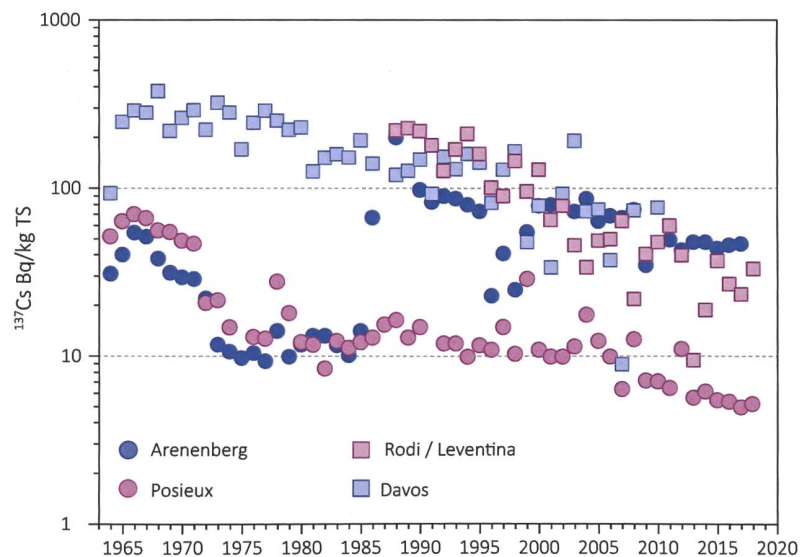
## Ergebnisse der Umweltüberwachung 2018

### Allgemeine Überwachung von Luft, Niederschlag, Gewässer, Boden, Gras sowie Milch und anderen Lebensmitteln

Die Resultate 2018 der Überwachung der Radioaktivität in Luft, Niederschlag, Gras und Boden sind vergleichbar mit jenen aus den Vorjahren und bestätigen, dass in diesen Umweltkompartimenten der überwiegende Teil der Radioaktivität natürlichen Ursprungs ist. Die Luftmessungen mit Hochvolumen-Aerosolfiltern (für online-Resultate siehe [www.radenviro.ch](http://www.radenviro.ch)) zeigen im Wesentlichen natürliche Radionuklide wie das kosmogene  $^7\text{Be}$  oder  $^{210}\text{Pb}$ .

Bei den Niederschlägen ist die Radioaktivität vorwiegend auf  $^7\text{Be}$  und Tritium – beides Produkte der kosmischen Strahlung – zurückzuführen. Für das Tritium stellen auch Abgaben aus Kernkraftwerken und gewissen Industriebetrieben weitere Quellen dar (siehe entsprechende Abschnitte zu diesen Betrieben). In den Flüssen beträgt der natürlich bedingte Tritiumgehalt in der Regel nur wenige Bq/l.

Im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das  $^{40}\text{K}$ . Künstliche Radioisotope im Boden stammen aus den Ablagerungen aus der Luft und zeigen regionale Unterschiede, die mit dem unterschiedlichen «Fallout» von Radioaktivität aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Tschernobyl-Reaktorunfall zusammenhängen. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von  $^{137}\text{Cs}$  (siehe Figur 2) und  $^{90}\text{Sr}$  immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie  $^{239}\text{Pu}$  und  $^{240}\text{Pu}$  sowie  $^{241}\text{Am}$  treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf.



Figur 2:  
 $^{137}\text{Cs}$  (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964 - 2018).

In Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche  $^{40}\text{K}$ . Künstliche Radionuklide wie  $^{137}\text{Cs}$  oder  $^{90}\text{Sr}$  (siehe Figur 4), die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind im Gras nur noch in Spuren vorhanden. Die regionale Verteilung ist dabei ähnlich wie für den Boden.

Getreide-, Gemüse- und Früchteproben aus der Schweiz zeigten keine nennenswerten Aktivitäten von künstlichen Radioisotopen, mit der Ausnahme von  $^{137}\text{Cs}$ -Spuren in einer Getreideprobe (0.4 Bq/kg) aus dem Tessin und einem Salat (0.1 Bq/kg Frischgewicht) aus der Nordschweiz. Bei der Kuhmilch lag der  $^{137}\text{Cs}$  Gehalt meist unter der Nachweisgrenze von ca. 0.02 bis 1 Bq/l, je nach Messlabor. Nur wenige der über 130 im Berichtsjahr gemessenen Milchproben zeigten messbare Konzentrationen von  $^{137}\text{Cs}$ . Die Probe mit dem höchsten Wert stammt aus dem Tessin (11 Bq/l); die anderen Proben (aus den Bündner Südtälern) zeigten nur Spuren (<1 Bq/l). Damit lagen die gemessenen Konzentrationen weit unter dem Höchstwert der Tschernobyl-Verordnung von 600 Bq/l, der für als Folge dieses Unfalls kontaminierte Lebensmittel gilt. Das Tessin war ja die vom Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffene Region der Schweiz, was erklärt, warum das  $^{137}\text{Cs}$  auch mehr als 30 Jahre nach dem Unfall in gewissen Proben noch messbar ist. Die vom Kantonalen Laboratorium BS, dem IRA in Lausanne und dem Labor Spiez gemessenen  $^{90}\text{Sr}$ -Konzentrationen in 66 Milchproben waren alle deutlich unterhalb von 1 Bq/l (ehemaliger FIV-Toleranzwert). Der maximale Messwert betrug 0.2 Bq/l.

Gewisse einheimische Wildpilze, zum Beispiel Maronenröhrling oder Zigeuner (Reifpilz), können immer noch erhöhte Gehalte von  $^{137}\text{Cs}$  aufweisen. 2018 analysierten die Kantonalen Laboratorien (TI, ZH und AG) 64 Proben einheimischer Pilze. Zwei im Kanton Tessin gesammelte Maronenröhrlingproben überschritten den

in der Tschernobyl-Verordnung festgelegten Höchstwert von 600 kg/Bq für  $^{137}\text{Cs}$ . Auch 2018 hat der Kanton Tessin die systematischen Kontrollen von auf der Jagd erlegten Wildschweinen weitergeführt. Die dabei angewandten Triagemessungen mit einem Dosisleistungsmessgerät wurden im Jahr 2013 durch den Kanton in Zusammenarbeit mit dem BAG eingeführt. Von den 571 kontrollierten Tiere überschritten 4.4% den Höchstwert von 600 Bq/kg aus der Tschernobyl-Verordnung und wurden vom Kantonstierarzt konfisziert.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. Seit 2017 ist die Zahl der Proben jedoch stark zurückgegangen: nur 10 Proben aus Japan wurden 2018 von den Kantonalen Laboratorien (ZH) gemessen, gegenüber von mehr als 80 Proben im Jahr 2016. Der Rückgang erklärt sich aus der Tatsache, dass bereits 2016 praktisch kein  $^{137}\text{Cs}$  in Lebensmittelproben aus Japan mehr nachgewiesen werden konnte. Die Messungen von 2018 bestätigen diesen Befund, da in keiner Probe radioaktive Verunreinigungen festgestellt wurden.

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern und speziell aus Osteuropa wurden, wie jedes Jahr, von den Kantonalen Laboratorien ebenfalls analysiert. Meist handelte es sich dabei um Proben von Wildbeeren (und Produkte aus Wildbeeren), Wildfleisch und Wildpilze – alles Lebensmittel, die bekannt dafür sind  $^{137}\text{Cs}$  anzureichern. Die meisten Proben zeigten nur geringe Spuren von  $^{137}\text{Cs}$ . Sporadisch tauchten etwas höhere Werte auf, vor allem in Wildpilzen (Maximum 51 Bq/kg Frischmasse), aber sämtliche Werte blieben deutlich unterhalb des Höchstwertes für  $^{137}\text{Cs}$  der Tschernobyl-Verordnung.

Insgesamt sind also die wenigen 2018 in der Schweiz festgestellten Überschreitungen des Höchstwertes der Tschernobyl-Verordnung in einheimischen Lebensmitteln noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl – auch mehr als 30 Jahre danach.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 4, 5 und 7.2.

### Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen

Bei den Kernkraftwerken werden die Grenzwerte für die Emissionen radioaktiver Stoffe durch die Bewilligungsbehörde so festgelegt, dass niemand der in der Umgebung wohnt eine Dosis von mehr als 0.3 mSv pro Jahr erhalten kann (einschliesslich direkte Strahlung). Der Betreiber muss seine Emissionen erfassen und dem ENSI mitteilen. Die den Behörden gemeldeten Abgaben werden regelmässig durch parallele Messungen von Betreibern, ENSI und BAG an Aerosol- und Iodfiltern sowie Abwasserproben überprüft. Die verschiedenen Kontrollen haben bestätigt, dass die schweizerischen Kernkraftwerke die Abgabengrenzwerte 2018 eingehalten haben.

An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist Direktstrahlung aus dem Werk gut messbar. Bei diesen Kraftwerken zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter eine Erhöhung der Ortsdosis, die nach Abzug des natürlichen Untergrundes 1.1 mSv erreichen kann. Diese Werte erfüllen die Anforderungen von Art. 79 der StSV zur Begrenzung der Ortsdosis ausserhalb von Kontroll- und Überwachungsbereichen, da sich keine Person dauerhaft an diesen Orten aufhält. Hier ist zu beachten, dass die Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung für die Ortsdosis gelten und sich nicht auf Personendosen beziehen. Diese Werte können daher nicht mit dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0.3 mSv/Jahr für die Bevölkerung verglichen werden, da sich keine Person aus der Bevölkerung für lange Zeit am Zaun aufhält.

Die Ergebnisse des Immissionsüberwachungsprogrammes für die Umgebung der Kernkraftwerke zeigen für 2018 für diese nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt (siehe Kapitel 8.5 des vorliegenden Berichtes). Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren der Abgaben an die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für  $^{14}\text{C}$  im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von 94 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche  $^{14}\text{C}$ -Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Mikrosievert führen. Die Tritiumkonzentrationen im Niederschlag in der Umgebung der Kernkraftwerke sind tief geblieben.

Bedingt durch den deutlichen Rückgang der Abgabe flüssiger radioaktiver Stoffe durch das Kernkraftwerk Mühleberg enthielten die Wasserproben aus Aare und Rhein flussabwärts der Kernkraftwerke 2018 keine messbaren Spuren von  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$  oder  $^{60}\text{Co}$ . In früheren Jahren konnten Spuren dieser Radionuklide regelmässig detektiert werden, besonders unterhalb des Kernkraftwerks Mühleberg. Das  $^{137}\text{Cs}$ , welches in Wasserproben aus Aare und Rhein vorhanden ist, stammt im Wesentlichen aus der Remobilisierung von alten Ablagerungen (Tschernobyl und Atombombenversuche der 60er Jahre). Sichtbar sind die Abgaben der Kernkraftwerke über das Abwasser dagegen in den monatlichen Sedimentproben aus Aare und Rhein, wo sporadisch  $^{54}\text{Mn}$  und  $^{60}\text{Co}$  (in Aaresedimenten) beziehungsweise nur  $^{60}\text{Co}$  (in einigen Sedimentproben aus dem Rhein bei Pratteln) nachgewiesen werden.

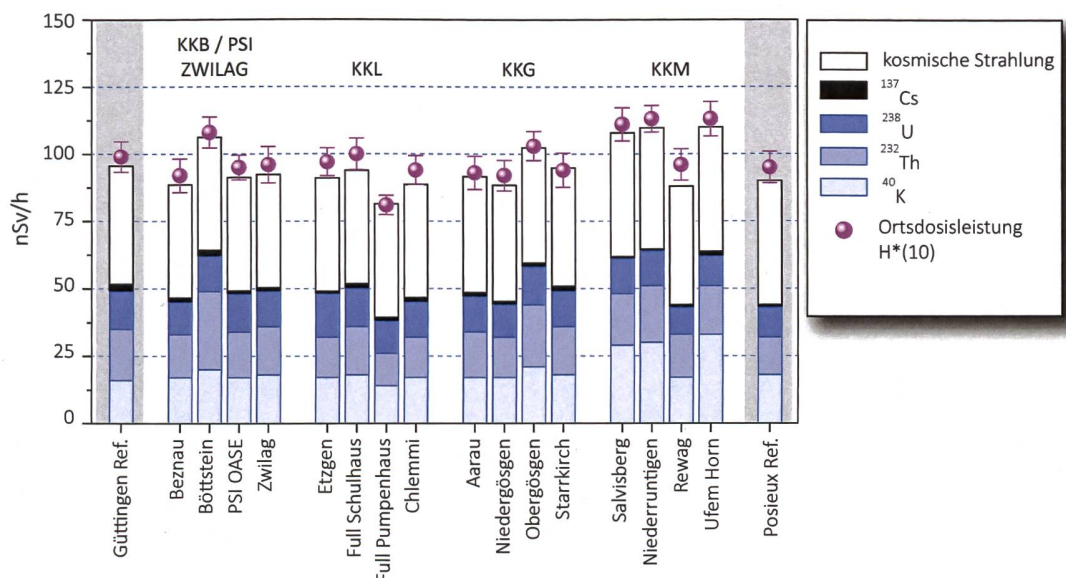
Die Monatsmittelwerte für Tritium in der Aare und im Rhein blieben meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate Mai bis Juni, wo wie jedes Jahr in der Aare bei Brugg eine leichte Erhöhung der Werte festgestellt wurde (15 Bq/l in der Aare bei Brugg im Mai). Die Ursache ist die Abgabe von Tritiumhaltigem Abwasser durch das KKW Gösgen vor der Revision.

Die Radioaktivitätsmessungen an Fischen, gefangen in der Aare und im Rhein unterhalb KKM, KKB und KKL, haben 2018 keine künstlichen Gammaemitter gezeigt. Gleiches gilt für die gemessenen Grundwasserproben. Die Resultate der Radioaktivitätsmessungen in Lebensmitteln aus der Umgebung der Kernkraftwerke sind ähnlich wie jene von Proben aus entfernten Gebieten im Mittelland.

Im Drainagewasser des Standortes des ehemaligen Kernreaktors in Lucens wurden seit den verdichteten Kontrollmessungen im Frühling 2012 keine erhöhten Tritiumwerte mehr festgestellt.

Wie die Figur 3 zeigt ergaben die Umweltmessungen in der Umgebung der Kernkraftwerke mit Ausnahme der erwähnten Beispiele keine Unterschiede gegenüber Orten ausserhalb des Einflussbereichs der Kernkraftwerke. Die natürliche Radioaktivität dominiert demnach, und die messbaren Kontaminationen sind vorwiegend eine Folge der Kernwaffenversuche in den 60er-Jahren und des Reaktorunfalls in Tschernobyl ( $^{137}\text{Cs}$ ).

Im Vergleich zur Belastung durch natürliche Quellen oder medizinische Anwendungen führen die Emissionen der Kernkraftwerke für die Bevölkerung also nur zu sehr geringen Strahlendosen. Trotzdem gebietet



**Figur 3:** Beiträge zur Ortsdosis ( $H^*(10)$ ) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2018 an verschiedenen Stellen in der Umgebung der Schweizer Kernkraftwerke sowie an den Referenzstandorten Güttingen und Posieux (grau unterlegt) gemessen wurden. Diese Beiträge wurden ausgehend von Messungen durch In-situ-Gammaspektrometrie berechnet. Ausserdem ist das Ergebnis der direkten Messung der Gesamtdosis mit Hilfe einer Ionisationskammer dargestellt. Damit lässt sich die Zuverlässigkeit der Methode abschätzen (siehe auch Kapitel 3.1).



der Grundsatz der Optimierung, dass die Kontrollen und Studien sorgfältig weitergeführt werden, um den verschiedenen wissenschaftlichen und gesetzlichen Zielsetzungen Rechnung zu tragen und die Öffentlichkeit detailliert informieren zu können.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 3.1, 4.4, 7.1, 7.2 und 8.1 bis 8.5.

### Überwachung der Forschungszentren

Beim CERN hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2018 deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten lagen. Dies bestätigt auch das unabhängige Überwachungsprogramm des BAG, das in der Umgebung des Forschungszentrums durchgeführt wurde. Die Messergebnisse zeigten vereinzelt Spuren der Radionuklide, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden, namentlich  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{41}\text{Ar}$  und  $^{131}\text{I}$  in der Luft. Die Strahlenbelastung durch das CERN für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung bleibt sehr gering; die maximalen Aktivitäten der Radionuklide, die auf die Tätigkeit des CERN zurückzuführen sind, erreichen nur einen kleinen Bruchteil der in der Schweiz gesetzlich festgelegten Immissionsgrenzwerte.

Die zusätzliche Dosis für die Bevölkerung in der Umgebung von PSI/ZWILAG darf für beide Anlagen zusammen maximal 0.15 mSv/Jahr betragen. Die Auswertungen des ENSI zeigen, dass die tatsächlichen Abgaben des PSI/ZWILAG zu einer Dosis von 0.007 mSv/Jahr führen, d.h. 5% des Grenzwertes. Die Abgabe von kurzlebigen Edelgasen aus den Teilchenbeschleuniger am PSI-West ist für praktisch die ganze Dosis verantwortlich. Die Umweltüberwachung wird vom PSI selber sowie mit unabhängigen Messungen durch das BAG durchgeführt. Ausser einigen sporadisch auftretenden erhöhten Tritiumkonzentrationen im Regenwasser zeigten die Überwachungsmessungen in der Umgebung des PSI keinen Einfluss der Forschungseinrichtungen auf die Umwelt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 8.

### Tritium aus der Industrie

Auch gewisse Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. Tritium ist das in der Schweiz am häufigsten industriell verwendete Radionuklid und wird zum Beispiel zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder von radioaktiven Markern für die Forschung verwendet. Die Betriebe führen Buch über ihre Emissionen von radioaktiven Stoffen und melden diese der Aufsichtsbehörde. Im Jahr 2018 haben alle betroffenen Betriebe die in ihren jeweiligen Bewilligungen festgehaltenen Abgabelimiten respektiert. Zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe führt das BAG ein spezifisches Überwachungsprogramm durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Gewässer und in einigen Fällen auch Lebensmittel.

Wie in den vorangegangenen Jahren zeigten die Resultate der Überwachung 2018 einen signifikanten Einfluss der Tritium-Emissionen auf Umweltproben (Niederschlag und Nahrungsmittel) aus der unmittelbaren Umgebung dieser Industriebetriebe, besonders bei Niederwangen. Dort betrug die Tritiumkonzentration im Niederschlag bei der Station «Firma» (in der Nachbarschaft der Firma mb-microtec) im Mittel 652 Bq/l mit einem Maximum von 1'534 Bq/l im März. Dieser Wert entspricht 7.7% des in der neuen Strahlenschutzverordnung festgelegten Immissionsgrenzwertes für öffentlich zugängliche Gewässer. Erhöhte Tritiumwerte wurden auch in den Destillaten von Ende August in der Umgebung des Betriebes geernteten Früchten und Gemüse (Äpfel, Birnen, Zwetschgen, Rhabarber, verschiedene Gemüse) gefunden, mit einem Höchstwert von 331 Bq/l im Destillat einer Zwetschgenprobe und 234 Bq/l im Destillat einer Apfelprobe. In Milchproben waren die Tritiumkonzentrationen tiefer, mit einem Maximum von 23 Bq/l.

Diese Tritiumgehalte sind zwar signifikant höher als normal, stellen aber trotzdem kein Risiko für die Gesundheit für Konsumenten dar: Der regelmässige Verzehr (50 kg/Jahr) des Produktes mit der höchsten 2018 gemessenen Tritiumkonzentration führte zu einer zusätzlichen Strahlendosis von 1 bis 2 Mikro-Sv je nach Alter der betroffenen Person und der chemischen Form des Tritiums. Die Suva, als zuständige Aufsichtsbehörde, hat mit der Firma bereits nach den 2017 festgestellten erhöhten Tritiumkonzentrationen in Lebensmitteln mögliche Massnahmen besprochen, um die Emissionen langfristig zu senken. Die Firma wird noch dieses Jahr die Arbeiten zur Renovation des Lüftungssystemes abschliessen, sodass für das nächste Jahr mit geringeren Tritiumabgaben gerechnet werden kann.

Die Tritiumkonzentrationen in den wöchentlichen Regenproben von Teufen/AR in der Umgebung der Firma RC Tritec sind deutlich tiefer. Mit einem Maximum von 160 Bq/l und einem Medianwert von 25 Bq/l gehören die dort im Jahr 2018 gemessenen Tritiumkonzentrationen zu den tiefsten seit Beginn der Überwachung.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.

### Radium-Altlasten

Der vom Bundesrat im Mai 2015 verabschiedete Aktionsplan Radium 2015-2019 hat das Ziel, die durch die Verwendung von radiumhaltiger Leuchtfarbe bis in die 1960er Jahre entstandenen Altlasten zu bewältigen.

Seit 2014 bis Ende 2018 wurden in nahezu 540 Gebäuden mit über 3'000 Wohnungen (oder Gewerbelokalitäten) eine Radiumdiagnose durchgeführt, im Wesentlichen in den Kantonen Neuenburg, Bern und Solothurn, aber auch in einigen weiteren Kantonen wie Basel-Land, Genf, Jura, Tessin, Waadt und Zürich.

Werden in Innenräumen Spuren von Radium festgestellt, so evaluiert das BAG anhand der Messergebnisse und mit Expositionsszenarien die zusätzliche Jahresdosis, der sich die Gebäudenutzenden aussetzen könnten. Diese Szenarien sollen ausschliessen, dass jemand, der diese Räumlichkeiten derzeit oder künftig nutzt, einer Strahlung oberhalb des Grenzwertes von 1 Millisievert (mSv) pro Jahr ausgesetzt wird. Zeigt die Abschätzung, dass der Grenzwert für die dem Radium potenziell am meisten ausgesetzte Person überschritten werden kann, so wird entschieden, die Räumlichkeiten zu sanieren. Gärten sind sanierungsbedürftig, wenn die Radiumkonzentration in der Erde den Grenzwert von 1'000 Becquerel pro Kilogramm Trockengewicht (Bq/kg) übersteigt.

Bei 100 der kontrollierten Liegenschaften wurde ein Sanierungsbedarf bezüglich  $^{226}\text{Ra}$  festgestellt, wobei 70 Wohnungen (oder Gewerbelokale) und 64 Gärten betroffen sind. In den zu sanierenden Wohnungen lag die Dosisabschätzung für den meistbetroffenen Bewohner in der Mehrheit der Fälle (57) zwischen 1 und 5 mSv/Jahr. In 8 Wohnungen lag sie in einem höheren Bereich von 5-10 mSv/Jahr, in 4 Wohnungen im Bereich 10-15 mSv/Jahr und in einer Wohnung zwischen 15 und 20 mSv/Jahr. In den Bodenproben der zu sanierenden Gärten betrug der Durchschnitt der gemessenen maximalen Radiumkonzentrationen 29'000 Bq/kg. In einem Fall wurde lokal eine Konzentration von 668'200 Bq/kg gemessen.

Unter den bezüglich  $^{226}\text{Ra}$  sanierungsbedürftigen Liegenschaften finden sich auch neun ehemalige Industriestandorte, die gleichzeitig im Altlastenverzeichnis aufgenommen sind. Hier muss ein gemeinsames Vorgehen von BAG und BAFU entwickelt werden, wie mit der Problematik dieser gemischten Kontaminationen («pollutions mixtes») umzugehen ist.

Die Überwachung von Deponien mit Verdacht auf radiumhaltige Abfälle bildet einen zweiten Schwerpunkt des Aktionsplans. Hier arbeitet das BAG eng mit dem BAFU sowie den betroffenen Gemeinden und Kantonen zusammen. Das Beispiel der ehemaligen Deponie Lischenweg in Biel hat gezeigt, dass es auch heute noch möglich ist auf Deponien stark mit Radium kontaminierte Abfälle zu finden, wenn auch lokal eng begrenzt. Im Verlauf des Jahres 2018 hat das BAG eine Strategie entwickelt, um aus dem Altlastenkataster jene Objekte zu identifizieren, die Radium-226-haltige Abfälle enthalten könnten. Diese Altlasten sollen nun entsprechend dem möglichen Risiko für Arbeiter und Umwelt klassifiziert werden, für den Fall, dass dort Aushubsarbeiten durchgeführt würden. Die Schutzmassnahmen, wie zum Beispiel systematisches Aussortieren von Aushubmaterial, wurden für die verschiedenen Risikostufen festgelegt. Die Strategie wird 2019 den betroffenen Kantonen vorgestellt und danach in einem Schlussbericht veröffentlicht. Die radiologische Überwachung der erfassten Deponien wird langfristig ein Teil der Routineüberwachung des BAG sein. Für die Bevölkerung besteht durch Radium-226 kein Gesundheitsrisiko, solange eine Deponie geschlossen bleibt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.4.

### Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen  $^{131}\text{I}$  verwendet. Iodtherapie-Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 MegaBq =  $10^6$  Bq) behandelt wurden, dürfen das Spital nach der Therapie verlassen. Bei über 200 MBq müssen die Patienten mindestens während den ersten

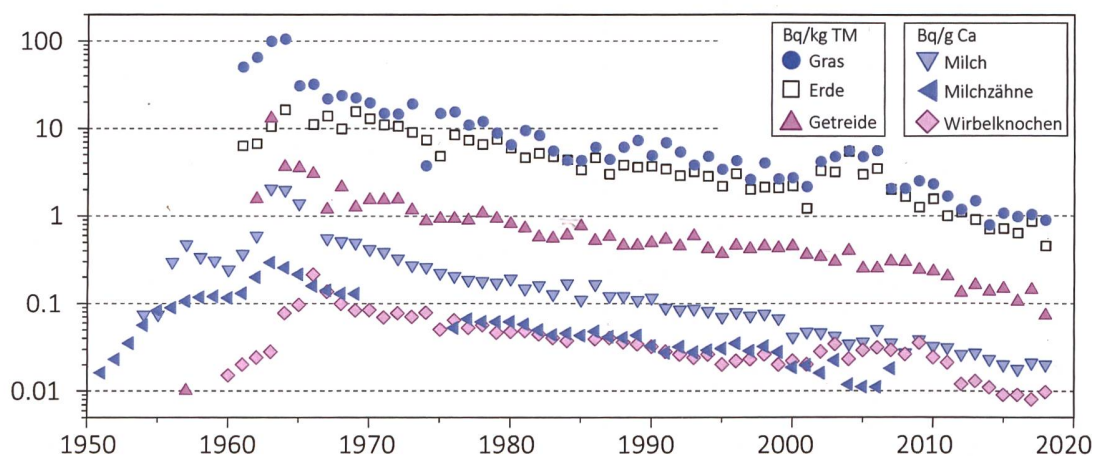
48 Stunden in speziellen Zimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unter die bewilligten Immissionsgrenzwerte an die Umwelt abgegeben. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf  $^{131}\text{I}$  untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von  $^{131}\text{I}$  (1-2 Bq/l) nachweisbar sind, diese jedoch deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gemäss Strahlenschutzverordnung liegen. Bemerkenswert ist, dass bei der Messung der monatlichen Wasserproben aus dem Ticino bei Riazzino von Juli, August und November 2018 Spuren von  $^{131}\text{I}$  (10-20 mBq/l) nachgewiesen werden konnten. Diese geringen Kontaminationen stehen mit grösster Wahrscheinlichkeit in Zusammenhang mit Patienten, die ambulant mit  $^{131}\text{I}$  behandelt wurden. Nach Verlassen des Spitals können  $^{131}\text{I}$ -Ausscheidungen dieser Patienten via das Abwasser in den Fluss gelangen.

Zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken kommen auch andere Radionuklide wie  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{177}\text{Lu}$  und seit 2013 auch  $^{223}\text{Ra}$  zum Einsatz. Während ersteres seit 2010 immer weniger verwendet wird, hat sich die Gesamtaktivität des eingesetzten  $^{177}\text{Lu}$  über die letzten 10 Jahre mehr als verdreifacht und übertrifft seit 2015 diejenige von  $^{131}\text{I}$ . Die Anwendung von  $^{223}\text{Ra}$  ist weniger häufig und ging 2018 verglichen mit 2017 leicht zurück. Das BAG hat 2014 auch Messungen von  $^{223}\text{Ra}$  durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war es, den Durchgang von  $^{223}\text{Ra}$  via die Kanalisation in die Abwasserreinigungsanlagen besser zu verstehen und zu bestätigen, dass sich ein wesentlicher Teil im Klärschlamm ablagert und zu keiner Kontamination der Flüsse führt (siehe Jahresbericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2014»).

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.2 und 9.3.

### Messungen am menschlichen Körper

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen (für Gamma-Emitter) und die Analyse des  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen. Die seit rund 40 Jahren durchgeführten Ganzkörpermessungen am Universitätsspital in Genf konnten im Jahr 2018 nicht stattfinden, sie werden aber 2019 weitergeführt. Anhand der Resultate der früheren Jahre ist es möglich das natürlich im menschlichen Körper vorkommende  $^{40}\text{K}$  zu quantifizieren: Es findet sich im Mittel in Konzentrationen von rund 56 Bq/kg bei den Frauen und 71 Bq/kg bei den Männern. Die  $^{90}\text{Sr}$ -Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen liegt heutzutage nur noch bei einigen Zehntel Bq/g Kalzium (Figur 4). Strontium wird vom menschlichen Körper ebenso wie Kalzium in Knochen und Zähnen eingelagert. Die Wirbelknochen werden als Indikator für die Kontamination des Skeletts herangezogen, weil diese Knochen eine besonders ausgeprägte Schwammstruktur aufweisen und rasch Kalzium über das Blutplasma austauschen. An Wirbelknochen von im laufenden Jahr verstorbenen Personen lässt sich das Ausmass der Kontamination



Figur 4:  
 $^{90}\text{Sr}$  in verschiedenen, zwischen 1950 und 2018 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

der Nahrungskette mit  $^{90}\text{Sr}$  eruieren. Die Milchzähne wiederum bilden sich in den Monaten vor der Geburt und während der Stillphase. Der Strontiumgehalt wird gemessen, wenn der Milchzahn von selbst ausfällt. Er gibt im Nachhinein einen Anhaltspunkt darüber, wie stark die Nahrungskette der Mutter zum Zeitpunkt der Geburt des Kindes kontaminiert war. Die in den Milchzähnen gemessenen Strontiumwerte (Figur 4) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und jene zur Milch beinahe parallel verlaufen.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 6.1 und 6.2.

### Beurteilung

In der Schweiz blieben 2018 die Konzentrationen von Radionukliden in der Umwelt sowie die Strahlendosen der Bevölkerung aufgrund künstlicher Strahlenquellen, wie in den Vorjahren, deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten. Das entsprechende Strahlenrisiko kann daher als sehr klein eingestuft werden.

Bei der natürlichen und der künstlichen Umweltradioaktivität bestehen regionale Unterschiede. Die natürliche Radioaktivität wird im Wesentlichen durch die Geologie beeinflusst, aber auch der Anteil der künstlichen Radioaktivität als Folge der Atomwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl ist inhomogen über das Land verteilt. Radioaktives  $^{137}\text{Cs}$  aus Tschernobyl wurde beispielsweise vornehmlich im Tessin abgelagert und ist dort heute noch immer in vielen Proben messbar. In geringerem Ausmass gab es auch erhöhte Ablagerungen in höheren Lagen des Jurabogens und in Teilen der Nordostschweiz. Die gemessenen Konzentrationen nehmen zwar seit 1986 kontinuierlich ab, das Radiocäsium aus Tschernobyl ist aber dennoch verantwortlich für die 2018 in bestimmten Lebensmitteln, wie Wildschweinfleisch aus dem Tessin oder Wildpilze, festgestellten Überschreitungen des Höchstwerts für  $^{137}\text{Cs}$  gemäss der Tschernobyl-Verordnung.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken und Forschungsanstalten sind vergleichbar mit jenen aus früheren Jahren. Spuren von emittierten Radionukliden können in der Umwelt zwar nachgewiesen werden, zum Beispiel  $^{14}\text{C}$  in Baumblättern oder Kobaltisotope in Sedimenten in der Nähe von Kernkraftwerken oder auch  $^{41}\text{Ar}$  und  $^{131}\text{I}$  in der Luft bei Forschungszentren, die Abgaben, die für diese Spuren in der Umwelt verantwortlich sind, liegen aber deutlich unterhalb der bewilligten Mengen und haben zu keinen Immissionsgrenzwertüberschreitungen geführt. Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt in derer unmittelbarer Nähe einen deutlich messbaren Einfluss von Tritium auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel). In Niederwangen erreichten die im Regen festgestellten Tritiumkonzentrationen maximal 7.7% des Immissionsgrenzwertes für Tritium in öffentlich zugängliche Gewässer. In Lebensmitteln aus der Nachbarschaft des Betriebes ist Tritium zwar auch etwas erhöht, ohne aber ein gesundheitliches Risiko beim Konsum dieser Lebensmittel darzustellen. Abgaben von Radionukliden mit dem Abwasser aus Spitälern sind nur sporadisch im Wasser in Kläranlagen grösserer Städte nachweisbar, mit Ausnahme des 2018 in einigen Monatsproben aus dem Ticino bei Riazzino nachgewiesenen  $^{131}\text{I}$ , welches aus der ambulanten Behandlungen von Patienten mit  $^{131}\text{I}$  stammt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Nachbarschaft von Kernkraftwerken, Forschungseinrichtungen und Industrien sehr gering geblieben sind. Die tiefen Messwerte für künstliche Radionuklide in der Umwelt zeigen ein ordnungsgemässes Funktionieren dieser Betriebe und können als Bestätigung für die Wirksamkeit der Überwachungsprogramme gedeutet werden.

