

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: - (2014)

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

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: 26.04.2025

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

Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz

Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse

Ergebnisse 2014

Résultats 2014



1

Umweltüberwachung: Zusammenfassung

Surveillance de l'environnement: Résumé

1.1 Umweltüberwachung: Zusammenfassung	14
Auftrag und Messprogramm	14
Ergebnisse der Umweltüberwachung 2014	16
Beurteilung	21
1.2 Surveillance de l'environnement: Résumé	22
Tâches et programme de mesures	22
Résultats de la surveillance 2014	24
Evaluation	29



1.1 Umweltüberwachung: Zusammenfassung

S. Estier, P. Steinmann

Sektion Umweltradioaktivität (URA), BAG, 3003 Bern

Auftrag und Messprogramm

Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) überträgt in Artikel 104 bis 106 dem BAG die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt.

Das angewandte 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 infolge 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 Anlagen, 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 Überwachung der Emissionen (effektive Freisetzung von radioaktiven Stoffen) dieser Unternehmen und setzt sich mit der Kontrolle der Immissionen (effektiv gemessene Konzentrationen) in der Umwelt fort. Um allen diesen Zielen nachzukommen, erstellt das BAG jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit dem ENSI, der Suva

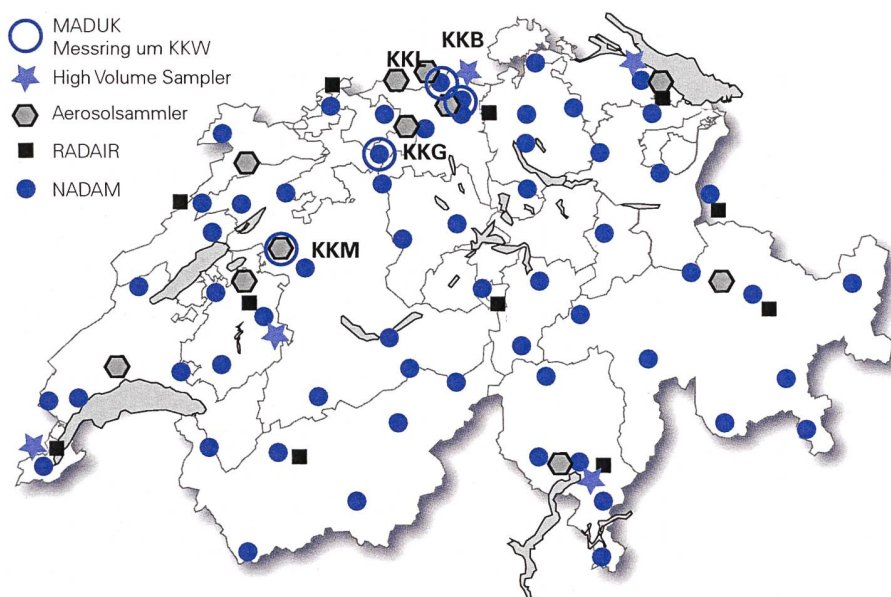
und den Kantonen. Es koordiniert dieses Überwachungsprogramm, an dem auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulinstitute beteiligt sind. Die Liste der am Überwachungsprogramm beteiligten Laboratorien findet sich in den Anhängen 1 und 2. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht jährlich die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung zusammen mit den für die Bevölkerung daraus resultierenden Strahlendosen.

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), mit denen sich die auf dem Boden abgelagerte Radioaktivität direkt erfassen lässt, 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 (Figur 1) erfassen die Dosisleistung im ganzen Land (NADAM = Alarm- und Messnetz zur Bestimmung der Dosisleistung), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung) sowie die Radioaktivität der Aerosole (RADAIR = Messnetz zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft). Von Aerosolen, Niederschlägen und Flusswasser werden kontinuierlich Proben entnommen, die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und



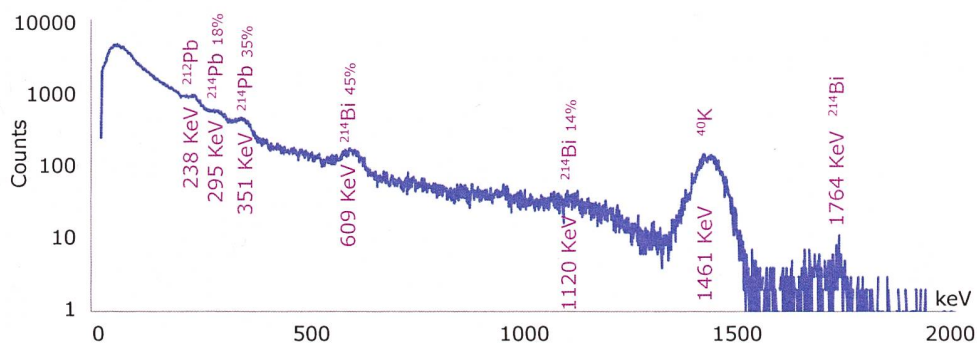
Figur 1:
Messnetze zur Überwachung der Luft in der Schweiz (Dosisleistung und Aerosole).

Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Eine Auswahl der Ergebnisse ist auf dem Internet verfügbar unter www.bag.admin.ch/ura. 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.

Erneuerung der automatischen Messnetze: Projekt URANet

Das vom BAG betriebene automatische Messnetz für die Überwachung der Luft, RADAIR, wurde in den frühen 90er Jahren als Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl installiert und ist heute veraltet. Im Mai 2013 hat der Bundesrat entschieden, dass dieses Messnetz erneuert und auf die kontinuier-

liche Überwachung von Flusswasser ausgedehnt werden soll. Es ist geplant, Sonden in der Aare und im Rhein, insbesondere flussabwärts von allen Schweizer Kernkraftwerken sowie in Basel zu installieren. Die Stadt Biel deckt 70% ihres Trinkwasserbedarfs aus dem Bielersee. Das gesamte Trinkwasser der Stadt Basel stammt aus dem Rhein. Deshalb ist es wichtig, dass die Trinkwasserversorger selbst im Falle einer nur leichten Kontamination des Wassers schnell alarmiert werden, damit sie die Pumpen präventiv abschalten können, um eine Kontamination ihrer Anlagen zu verhindern. 2014 wurden drei neue Messstationen installiert, womit nun vier Wassersonden in Betrieb sind (in Niederried, Aarau, Laufenburg und Basel). Figur 2 zeigt die Wassersonde «sara» sowie ein Beispiel des Spektrums mit den im Wasser gemessenen Radionukliden. Die letzte Sonde wird 2015 installiert. Die Aerosolsonden sollen 2016 und 2017 ersetzt werden.



Figur 2:
Beispiel eines Spektrums mit gemessenen Radionukliden und Wassersonde « Sara ».

Ergebnisse der Umweltüberwachung 2014

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

Die Resultate 2014 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.bag.admin.ch/hvs) zeigen hauptsächlich kosmogenes ^7Be sowie ^{210}Pb und weitere Radonfolgeprodukte. Bei den Niederschlägen ist die Radioaktivität vorwiegend auf ^7Be und Tritium – beides Produkte der kosmischen Strahlung – zurückzuführen. Für das Tritium stellen aber Abgaben aus Kernkraftwerken und gewissen Industriebetrieben weitere Quellen dar (siehe entsprechende Abschnitte zu diesen Betrieben).

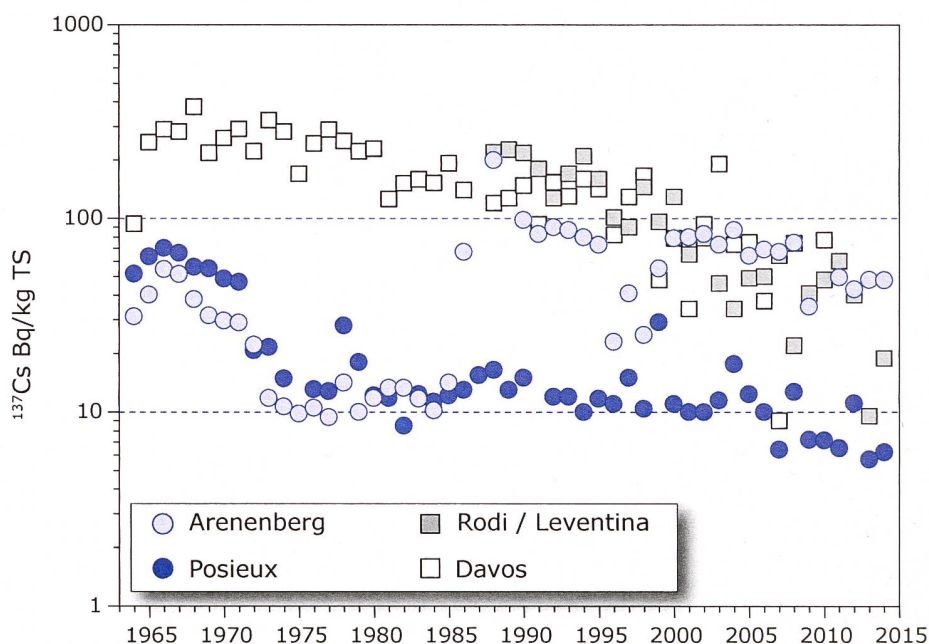
In den Flüssen beträgt der natürlich bedingte Tritiumgehalt in der Regel nur wenige Bq/l.

Im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das ^{40}K . Die künstlichen Isotope aus den Ablagerungen aus der Luft 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}Cs (siehe Figur 3) und ^{90}Sr immer noch etwas hö-

her als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie ^{239}Pu und ^{240}Pu sowie ^{241}Am treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf.

In Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche ^{40}K . Künstliche Radionuklide wie ^{137}Cs oder ^{90}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. Die Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten von künstlichen Radioisotopen. Bei der Kuhmilch lag der ^{137}Cs Gehalt meist unter der Nachweisgrenze von ca. 0.2 bis 2 Bq/l. Lediglich 3 von über 100 im Berichtsjahr gemessenen Milchproben zeigten Werte von mehr als 2 Bq/l. Eine der Proben stammt aus dem Tessin (7.6 Bq/l) und zwei aus Graubünden (2.8 und 3.9 Bq/l). Der Toleranzwert von 10 Bq/l Milch wurde nicht überschritten. Die Südschweiz war ja die vom Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffene Gegend der Schweiz, was erklärt, warum das ^{137}Cs auch mehr als 25 Jahre nach dem Unfall noch messbar ist. Die ^{90}Sr -Gehalte der 69 daraufhin untersuchten Milchproben lagen alle unterhalb des Toleranzwertes von 1 Bq/l (Maximalwert: 0.35 Bq/l).

Gewisse einheimische Wildpilze, zum Beispiel Zigeuner (Reispilz) oder Maronenröhrling, können immer noch erhöhte Gehalte von ^{137}Cs aufweisen. Im Berichtsjahr wurden durch die Kantonalen Laboratorien weniger als 10 Wildpilzproben analysiert wobei keine Überschreitungen des Toleranzwertes von 600 Bq/kg für Radiocäsium in Wildpilzen auf-



Figur 3:

^{137}Cs (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964-2014).

traten. Im 2014 hat der Kanton Tessin die systematischen Kontrollen von auf der Jagd erlegten Wildschweinen weitergeführt. Die dabei angewendeten Triagemessungen mit einem Dosisleistungsmessgerät wurden im Jahr 2013 durch den Kanton in Zusammenarbeit mit dem BAG eingeführt. Damals wurde bei 6% der 470 im Herbst erlegten Tiere (im Fleisch) eine ^{137}Cs Aktivität oberhalb des Grenzwertes von 1'250 Bq/kg für Fleisch von Wild festgestellt. Diese Tiere wurden vom Kantonstierarzt konfisziert. Die Resultate der Kampagne 2014 zeigten 13 Grenzwertüberschreitungen bei 498 erlegten Tieren. Bei vergleichbaren Kontrollen im 2014 im Kanton Zürich traten bei 80 gemessenen Proben keine Grenzwertüberschreitungen auf.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. An die hundert Proben von Tee, Getreide, Reis, Algen, Meeresfrüchte und anderen Lebensmittel aus Japan wurden 2014 von den Kantonalen Laboratorien untersucht. Zwar konnten Spuren von ^{134}Cs und ^{137}Cs – ein klarer Hinweis auf eine Kontamination als Folge des Reaktorunfalles von Fukushima – in 25% beziehungsweise 70% der 70 untersuchten Teeproben aus Japan nachgewiesen werden, Toleranzwertüberschreitungen wurden dabei aber in den Teeproben nicht festgestellt. Für die einzige Toleranzwertüberschreitung bei aus Japan importierten Lebensmitteln sorgte eine Pflaumenprobe mit 9.8 Bq/kg ^{137}Cs + 3.9 Bq/kg ^{134}Cs .

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern wurden wie jedes Jahr ebenfalls von den Kantonalen Laboratorien analysiert. Meist handelte es sich dabei um Proben von Wildbeeren (speziell Heidelbeeren), Honig, Wildfleisch und Wildpilzen – alles Lebensmittel die bekannt dafür sind ^{137}Cs anzureichern. Fünf Heidelbeerproben aus Osteuropa zeigten ^{137}Cs Werte oberhalb des Toleranzwertes, der für dieses Radioisotop in Wildbeeren mit 100 Bq/kg festgelegt ist. Bei 5 Heidelbeerproben war der Toleranzwert für ^{90}Sr (1 Bq/kg) überschritten.

Insgesamt sind also die wenigen 2014 in der Schweiz festgestellten Toleranz- und Grenzwertüberschreitungen in Lebensmittel (einheimische und importierte), auch mehr als 25 Jahre danach, noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl.

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 Jahres- und Kurzzeitabgabengrenzwerte 2014 eingehalten haben.

An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist Direktstrahlung aus dem Werk messbar. In Leibstadt etwa zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter für die jährliche Umgebungsdosis Werte von bis zu 0.8 mSv (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von 0.6 mSv/Jahr). Der Immissionsgrenzwert für Direktstrahlung ist gleichwohl bei allen Kernkraftwerken 2014 eingehalten. Hier ist zu beachten, dass die Immissionsgrenzwerte für Direktstrahlung für die Ortsdosis gelten und sich nicht auf Personendosen beziehen. Die effektiven Personendosen aufgrund der Direktstrahlung aus den Kernkraftwerken sind wesentlich kleiner, da sich keine Person aus der Bevölkerung dauerhaft am Zaun aufhält.

Die Ergebnisse des Überwachungsprogramms der Immissionen, das vom BAG in der Umgebung der Kernkraftwerke organisiert wird, zeigen für 2014 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}C im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von 130 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche ^{14}C -Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Mikrosievert führen. In den Flüssen werden die Auswirkungen der flüssigen Abgaben der Kernkraftwerke im Wasser, in den Sedimenten, in Fischen und in Wasserpflanzen überwacht (bei Hagneck flussabwärts von Mühleberg, bei Klingnau unterhalb KKB sowie bei Pratteln flussabwärts von KKL). Da beim Kernkraftwerk Beznau die ^{58}Co - und ^{60}Co -Abgaben in den letzten Jahren deutlich verringert wurden, können heute meist nur noch die Abgaben des KKW Mühleberg (vor allem Kobalt-Isotope) im Wasser und in den Wasserpflanzen nachgewiesen werden. Im 2014 konnte im Wasser einzig ^{60}Co aus Mühleberg in den Proben von Hagneck gefunden werden.

Das ^{137}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). Wie in den Wasserproben sind Spuren von ^{60}Co und ^{137}Cs auch in den untersuchten Sedimentproben aus Aare und Rhein nachweisbar. Im März 2014 zeigten die Wasserproben aller drei Stationen entlang der Aare und des Rheins auffällige Plutonium-Werte. Der Ursprung dieser Erhöhung konnte nicht geklärt werden. Die Werte entsprechen aber nur 1/100000 des Immissionsgrenzwertes und haben deshalb keine Auswirkungen aus gesundheitlicher Sicht. Eine ungewöhnliche Abgabe durch ein einzelnes Kernkraftwerk scheint unwahrscheinlich, da in diesem Falle eine der drei Messstellen besonders stark betroffen sein müsste (siehe Kapitel 7.2).

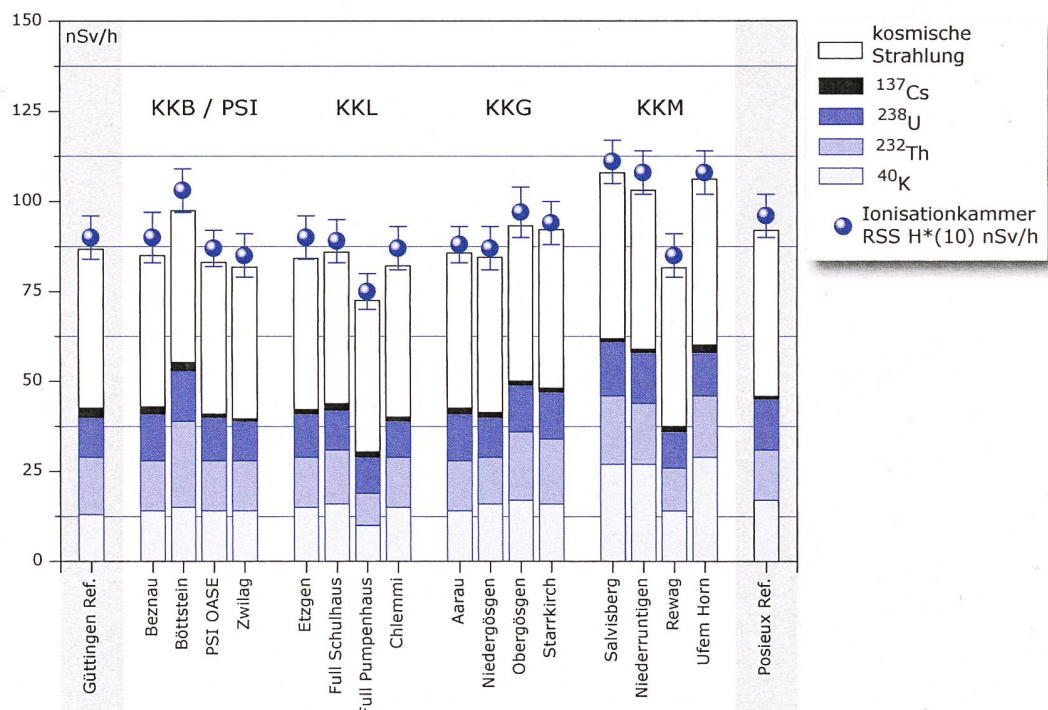
Die Monatsmittelwerte für Tritium in der Aare und im Rhein blieben meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate Mai und Juni wo 15 Bq/l in der Aare und 5.5 Bq/l im Rhein gemessen wurden. Die Resultate der Radioaktivitätsmessungen in Lebensmitteln aus der Umgebung der Kernkraftwerke waren 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 4 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}Cs).

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

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



Figur 4: Beiträge zur Ortsdosis ($H^*(10)$) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2014 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.

Überwachung der Forschungszentren

Am CERN war der LHC das ganze Jahr 2014 ausser Betrieb. Hingegen wurden die anderen Installationen im Sommer 2014, nach einem längeren Unterbruch für Wartungsarbeiten, sukzessive wieder eingeschaltet. Beim CERN hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2014 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}Na und ^{131}I in der Luft und ^{22}Na im Wasser. Die Strahlenbelastung durch das CERN für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung bleibt sehr gering, da die maximalen Aktivitäten der Radionuklide, die auf die Tätigkeit des CERN zurückzuführen sind, weniger als 1 Prozent des in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerts erreichen.

Die Strahlendosis für die Bevölkerung in der Umgebung des PSI darf 0.15 mSv/Jahr nicht übersteigen. Im Jahr 2014 blieb die tatsächliche Dosis unterhalb von 5% dieses Wertes. Die Umweltüberwachung wird vom PSI selber sowie mit unabhängigen Messungen durch die Behörden durchgeführt. Ausser einigen sporadisch auftretenden erhöhten Tritiumkonzentrationen im Regenwasser zeigten die Überwachungsmessungen keinen Einfluss der Forschungseinrichtungen des PSI auf die Umwelt.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 8.

Tritium aus der Industrie

Auch Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. Tritium ist in der Schweiz das am häufigsten industriell verwendete Radionuklid und wird zum Beispiel zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder von radioaktiven Markern für die Forschung verwendet. Im Jahr 2014 haben alle betroffenen Betriebe die Vorgaben für die Abgabe von radioaktiven Stoffen eingehalten. Das BAG führt ein spezifisches Überwachungsprogramm zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer.

Nach einem Rückgang im Jahr 2013 entsprechen die im Niederschlag in unmittelbarer Umgebung der Firma mb-microtec in Niederwangen gemessenen Tritiumkonzentrationen wieder jenen aus früheren Jahren. Mit einem Maximum von 1'069 Bq/l war die Probenahmestation im Südosten des Firmensandortes für den höchsten Tritiumwert im Regen im Jahr 2014 verantwortlich. Dieser Wert entspricht ungefähr 9% des in der Strahlenschutzverordnung

festgelegten Immissionsgrenzwertes für öffentlich zugängliche Gewässer. Die Tritiumkonzentrationen in den wöchentlichen Regenproben 2014 von Teufen/AR in der Umgebung der Firma RC Tritec waren die tiefsten seit Beginn der Überwachung der Immissionen durch dieses Unternehmens (Maximum: 229 Bq/l, Mittelwert: 74 Bq/l).

In der Umgebung der Firma mb-microtec wurden auch Proben von Milch sowie von verschiedenen Früchten und Gemüse untersucht. Die Analysen ergaben, dass der Toleranzwert für Tritium von 1'000 Bq/l nicht überschritten wurde. Konkret lagen die Tritiumkonzentrationen in den Destillaten der geprüften Produkte in einer Bandbreite von 13 bis 17 Bq/l für Milch (4 Stichproben) und zwischen 7 und 113 Bq/l für Äpfel und Zucchini (9 Stichproben).

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.

Radium-Altlasten

Die Problematik der früheren Verwendung (1920 bis 1960) von Radium-haltigen Leuchtfarben in der Uhrenindustrie ist 2014 wieder zu Tage getreten, insbesondere nach der Veröffentlichung einer Adressliste von Standorten ehemaliger Setzateliers durch die Sonntagspresse (siehe Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz des BAG, Ergebnisse 2014). Neben den Setzateliers ging es 2014 vor allem um die bei Bauarbeiten für die Autobahn A5 auf der ehemaligen Deponie Lischenweg in Biel gefundenen, mit Radium-226 (^{226}Ra) kontaminierten Abfälle. Das BAG hat in diesem Zusammenhang eine vertiefte Abklärung durchgeführt, um das Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung in den auf einem Teil der Deponie gebauten Wohnblöcken zu beurteilen. Im bebauten Teil der Deponie wurden dazu in-situ Gammaskpektrometrie-Messungen gemacht. Sechs der untersuchten Standorte ergaben Messwerte, welche dem natürlichen ^{226}Ra -Gehalt von Böden entsprechen. An einem siebten Messpunkt konnte ein Beitrag von künstlichem ^{226}Ra nachgewiesen werden. Die durch dieses künstliche ^{226}Ra verursachte zusätzliche Dosisleistung von 5 bis 9 nSv/h macht aber weniger als 10% der gesamten Dosisleistung an diesem Standort aus und ist nur mit sehr empfindlichen Messgeräten überhaupt nachweisbar. Für Menschen besteht keine Gefahr, selbst wenn sie sich häufig dort aufhalten. Weitere ^{226}Ra -Messungen wurden am Sickerwasser der Deponie vorgenommen. Vier von 10 Proben zeigten dabei höhere ^{226}Ra -Gehalte, verglichen mit typischen Grundwässern. Dies ist ein klarer Hinweis auf einen Einfluss von ^{226}Ra -belasteten Abfällen aus der Deponie. Auch die erhöhten Werte lagen alle unterhalb des Parameterwertes von

500 mBq/l, welcher in der RICHTLINIE 2013/51/EURATOM des Rates der Europäischen Union betreffend Wasser für den menschlichen Gebrauch festgelegt ist. Ausserdem ist festzuhalten, dass die Stadt Biel in der Umgebung der ehemaligen Deponie kein Trinkwasser fördert.

Insgesamt haben die Messungen auf der ehemaligen Deponie bestätigt, dass für die Bevölkerung kein erhöhtes gesundheitliches Risiko besteht, welches Sanierungsmassnahmen erforderte. Es gibt aber Hinweise, dass auf der ehemaligen Deponie noch mit weiteren ^{226}Ra -kontaminierten Abfällen zu rechnen ist. Wenn künftig auf dem bebauten Teil der Deponie Arbeiten geplant sind, so muss vor und während der Realisierungsphase die Radioaktivität überwacht werden. Ziel dieser Überwachung ist es zu verhindern, dass Bauarbeiter in Kontakt mit kontaminierten Abfällen kommen und dass diese Abfälle korrekt entsorgt werden.

Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen ^{131}I verwendet. Iodtherapie-Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 MegaBq = 10^6 Bq) ambulant 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}I untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von ^{131}I nachweisbar sind, diese jedoch deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gemäss Strahlenschutzverordnung liegen. Zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken kommen auch andere Radionuklide zum Einsatz, wobei 2014 die Gesamtaktivität von ^{177}Lu beinahe so gross war wie jene von ^{131}I .

Das BAG hat 2014 auch Messungen von ^{223}Ra , einem neu in der Nuklearmedizin verwendeten Radionuklid, durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist es, den Durchgang von ^{223}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.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.2 und 9.3.

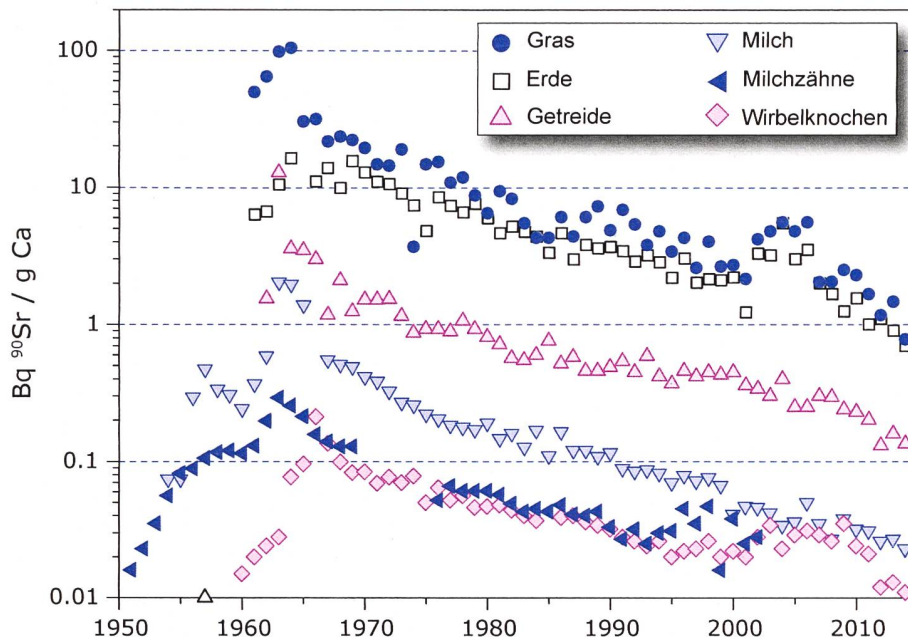
Messungen am menschlichen Körper

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen und die Analyse des ^{90}Sr -Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen.

Die seit rund 40 Jahren durchgeführten Ganzkörpermessungen am Universitätsspital in Genf konnten im Jahr 2014 weitergeführt werden, aber neu an Studenten und Studentinnen und nicht wie bis anhin an GymnasiastInnen. Grund für den Wechsel sind in den letzten Jahren aufgetretene Probleme mit der Organisation der Teilnahme der letztgenannten Gruppe. Die Resultate der Messungen ergaben ^{137}Cs -Werte, die unter der Nachweisgrenze von 1 Bq/kg lagen. Für das natürliche ^{40}K wurden im Mittel Werte von rund 57 Bq/kg bei den Frauen und 70 Bq/kg bei den Männern gemessen.

Die ^{90}Sr -Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen liegt heutzutage bei nur einigen Hundertstel Bq/g Kalzium (Figur 5). 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 der Nahrungskette mit ^{90}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 5) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und zur Milch beinahe parallel verlaufen.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 6.1 und 6.2.



Figur 5:
 ^{90}Sr in verschiedenen, zwischen 1950 und 2014 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

Beurteilung

Strahlenrisiko durch künstliche Radioaktivität in der Umwelt bleibt klein

In der Schweiz lagen 2014 die Radioaktivitätswerte 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}Cs aus Tschernobyl wurde beispielsweise vornehmlich im Tessin abgelagert und ist dort heute noch immer in vielen Proben messbar. Zu erhöhten Ablagerungen kam es auch 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 in gewissen Wildscheinfleischproben aus dem Tessin festgestellten Grenzwertüberschreitungen sowie für einige Toleranzwertüberschreitungen die 2014 in der Schweiz an einheimischen und importierten Lebensmitteln gemessen wurden.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken und Forschungsanstalten sind vergleichbar mit jenen aus früheren Jahren. Spuren von emittierten Radionukliden können in der Umgebung zwar nachgewiesen werden: zum Beispiel ^{14}C in Blättern oder Kobaltisotope in Wasser und Sedimenten in der Umgebung von Kernkraftwerken sowie kurzlebige Radionuklide wie ^{24}Na und ^{41}Ar in der Luft bei Forschungszentren. Die Abgaben, welche diese Spuren in der Umwelt hinterlassen haben sind aber deutlich unterhalb der bewilligten Mengen und sie haben zu keinen Immissionsgrenzwertüberschreitungen geführt.

Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt in deren unmittelbarer Nähe einen deutlich messbaren Einfluss von Tritium auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel). Auch hier wurden die Grenzwerte eingehalten, die maximale gemessene Konzentration entspricht einer Ausschöpfung von 9% des Immissionsgrenzwertes für Tritium in öffentlich zugänglichen Gewässern.

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.

1.2

Surveillance de l'environnement: Résumé

S. Estier, P. Steinmann

Section Radioactivité de l'environnement (URA), OFSP, 3003 Berne

Tâches et programme de mesures

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

Conformément aux art. 104 à 106 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 col-

laboration avec l'IFSN, la SUVA et les cantons. 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.

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 (figure 1) 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), ainsi que la radioactivité des aérosols (Réseau Automatique de Détection dans l'Air d'Immissions Radioactives, RADAIR). Des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eaux de rivière sont effectués en continu; 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.

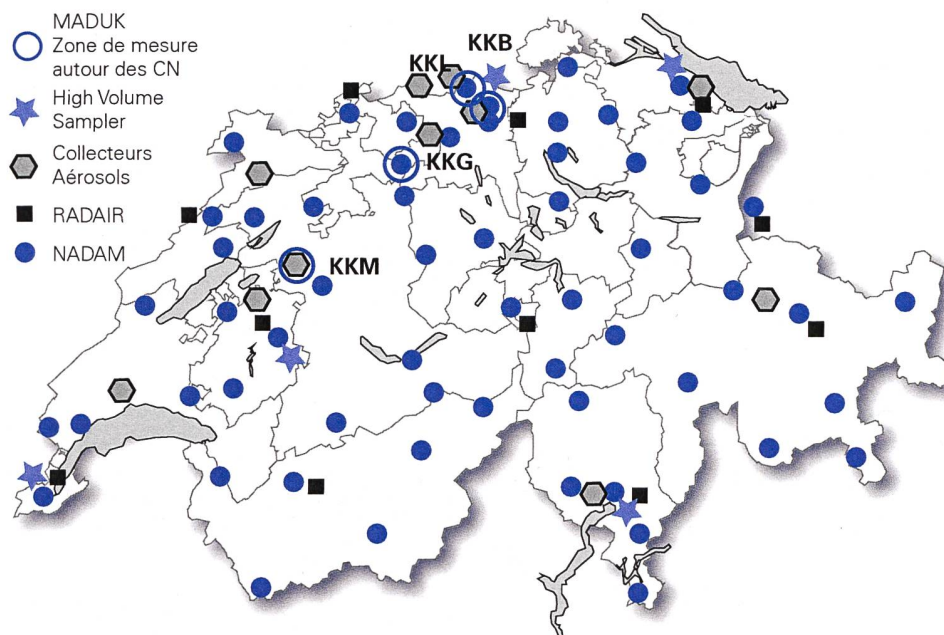


Figure 1:
Réseaux de mesure pour la surveillance de l'air en Suisse (débit de dose et aérosols).

Un choix de résultats est disponible sur Internet : www.bag.admin.ch/ura. 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 réseau automatique de surveillance de l'air, RADAIR, exploité par l'OFSP a été mis en service au début des années 90, suite à l'accident de Tchernobyl et est aujourd'hui obsolète. En mai 2013, le Conseil fédéral a décidé que ce réseau devait être rénové et étendu à la surveillance en continu des eaux de rivière. Le projet prévoit l'installation de sondes de mesure dans l'Aar et le Rhin, notamment

en aval de chaque centrale nucléaire suisse, ainsi qu'à Bâle. La ville de Bienne extrait 70% de ses besoins en eaux potables du lac de Bienne. Quant à la ville de Bâle, elle s'approvisionne entièrement en eaux potables à partir du Rhin. Il est donc important que les fournisseurs d'eaux potables puissent être alertés rapidement en cas de contamination des eaux, même de faible ampleur, pour pouvoir arrêter préventivement le pompage de l'eau et éviter une contamination de leur installation. En 2014, trois nouvelles stations de mesure ont été installées, portant à quatre le nombre de sondes aquatiques opérationnelles (Niederried, Aarau, Laufenburg et Bâle). La figure 2 montre la sonde aquatique «sara» à Bâle, ainsi qu'un exemple de spectre indiquant les radionucléides présents dans l'eau. La dernière sonde sera installée en 2015. Le remplacement des moniteurs d'aérosols est planifié entre 2016 et 2017.

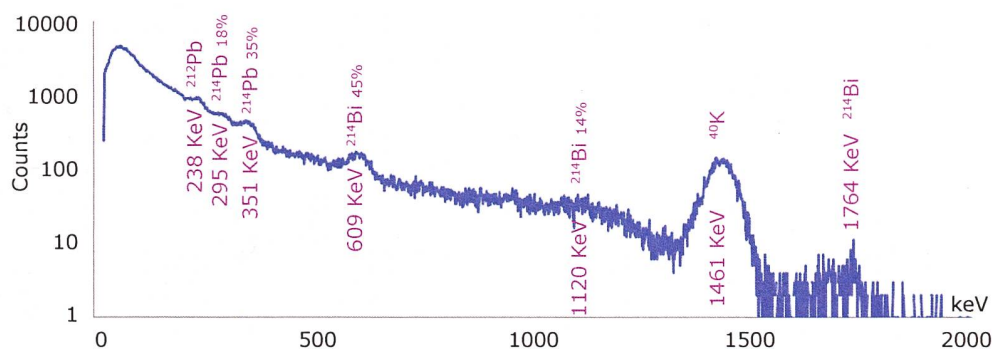


Figure 2:
Exemple de spectre mesuré avec la sonde aquatique « Sara », également représentée.

Résultats de la surveillance 2014

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 obtenus en 2014 sont restés semblables 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.bag.admin.ch/ura), ont ainsi montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le ^7Be cosmogénique, ainsi que le ^{210}Pb et d'autres produits de filiation du radon. Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au ^7Be 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.

Dans le sol, on retrouve essentiellement les isotopes naturels issus des séries de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi que le ^{40}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}Cs (voir fig. 3) et le ^{90}Sr sont toujours

légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le ^{239}Pu et le ^{240}Pu et l' ^{241}Am , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

Dans l'herbe et les denrées alimentaires, c'est aussi le ^{40}K naturel qui domine. Les radionucléides artificiels comme le ^{137}Cs ou le ^{90}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. Dans le lait de vache, la teneur en ^{137}Cs est généralement restée inférieure à la limite de détection d'env. 0.2 à 2 Bq/l. Seuls trois échantillons sur plus de 100 analysés en 2014 ont présenté une concentration de ^{137}Cs supérieure à 2 Bq/l. Il s'agit d'un échantillon en provenance du Tessin (7.6 Bq/l) et de deux échantillons prélevés aux Grisons (2.8 et 3.9 Bq/l). Aucun dépassement de la valeur de tolérance, fixée à 10 Bq/l pour ce radionucléide dans le lait, n'a toutefois été constaté. 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}Cs y soit toujours mesurable dans certains échantillons plus de 25 ans après l'accident. Avec une valeur maximale de 0.35 Bq/l, les teneurs en ^{90}Sr enregistrées dans les 69 échantillons de lait analysés en 2014 sont toutes restées bien inférieures à la valeur de tolérance fixée à 1 Bq/l pour ce radionucléide.

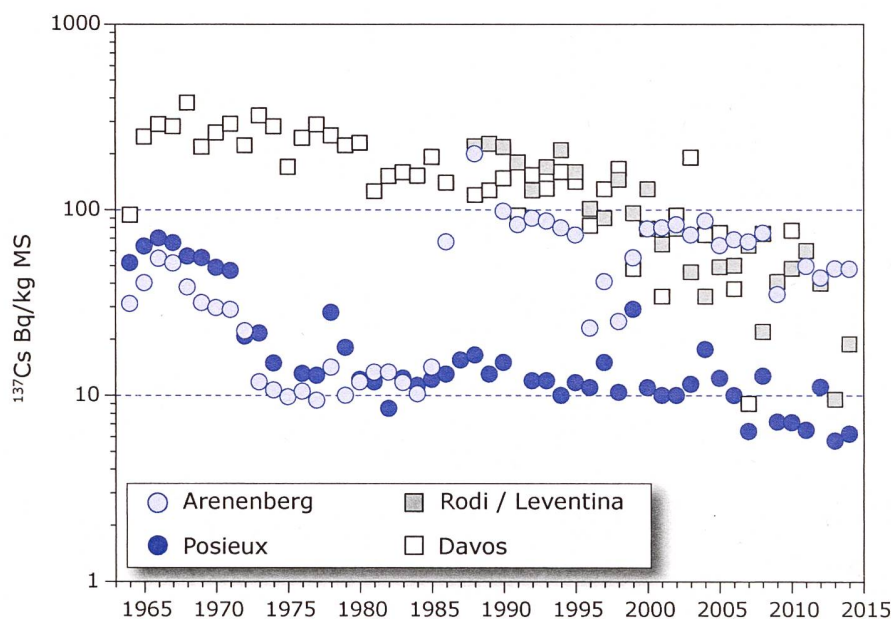


Figure 3:

^{137}Cs (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964–2014).

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bays et les pholiotas ridés présentent toujours des valeurs accrues de ^{137}Cs . Cependant moins de 10 échantillons de champignons sauvages indigènes ont été analysés par les laboratoires cantonaux en 2014 et aucun dépassement de la valeur de tolérance, fixée à 600 Bq/kg pour le césium dans les champignons sauvages, n'a été constaté. En 2014, le canton du Tessin a poursuivi son contrôle systématique des sangliers chassés sur son territoire. Une mesure de tri, effectuée sur place à l'aide d'un instrument dosimétrique, avait été mise en place en 2013 par le canton du Tessin en collaboration avec l'OFSP. Au cours de la chasse d'automne 2013, 6 % des 470 sangliers abattus avaient présenté des activités de ^{137}Cs (dans la viande) supérieures à la valeur limite fixée à 1'250 Bq/kg dans l'OSEC; ils avaient donc été confisqués par le vétérinaire cantonal. En 2014, 13 des 498 sangliers contrôlés ont à nouveau dû être confisqués. Le canton de Zürich a également effectué des mesures du ^{137}Cs , par sondage, dans la viande de sangliers chassés sur son territoire en 2014. Aucun dépassement de la valeur de tolérance n'a été constaté parmi les 80 échantillons analysés.

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. Environ une centaine d'échantillons, essentiellement de thés, mais également de céréales, de riz, d'algues, de fruits de mer et d'autres denrées alimentaires en provenance du Japon ont ainsi été analysés par les laboratoires cantonaux en 2014. Des traces de ^{134}Cs et de ^{137}Cs ont pu être décelées dans 25 %, respectivement 50 % des 70 échantillons de thé d'origine japonaise analysés, indiquant un marquage par des contaminations radioactives consécutives à l'accident de Fukushima. Toutefois, aucun dépassement de la valeur de tolérance pour les isotopes du césium n'a été enregistré dans ce type d'échantillon. A une exception près (9.8 Bq/kg ^{137}Cs + 3.9 Bq/kg ^{134}Cs dans un échantillon de prunes), ce constat s'applique aussi aux autres échantillons de denrées alimentaires analysés en provenance du Japon.

Des analyses de denrées alimentaires importées provenant d'autres pays ont également été effectuées, comme chaque année, par les laboratoires cantonaux. Ces analyses ont essentiellement porté sur les baies des bois, en particulier les myrtilles, les miels, la viande de chasse et les champignons sauvages, qui sont connus pour accumuler davantage le ^{137}Cs . Cinq échantillons de myrtilles en provenance d'Europe de l'Est présentaient des activités spécifiques en ^{137}Cs supérieures à la valeur de tolérance fixée à 100 Bq/kg pour ce radionucléide dans les baies des bois. Cinq dépassements de la valeur

de tolérance pour le ^{90}Sr (1 Bq/kg) ont par ailleurs été constatés dans ce type d'échantillons.

Ainsi, les quelques dépassements des valeurs de tolérance et des valeurs limites constatés en 2014 dans les denrées alimentaires (indigènes ou importées) sont, plus de 25 ans après sa survenue, toujours liés 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 effective 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 2014.

La contribution du rayonnement direct est clairement mesurable en certains points de la clôture des centrales de Leibstadt et de Mühleberg. A Leibstadt par exemple, l'évaluation des dosimètres disposés à la clôture de la centrale a montré une élévation de la dose ambiante annuelle pouvant atteindre 0.8 mSv (après soustraction du bruit de fond naturel qui s'élève à 0.6 mSv/an). La valeur limite d'immission pour le rayonnement direct a toutefois été respectée par toutes les installations en 2014. Il convient 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, coordonné par l'OFSP autour des centrales nucléaires, ont montré que l'impact de ces dernières sur l'environnement est resté faible en 2014 (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}C dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 130 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). A titre indicatif, notons qu'une activité supplémentaire de 100 pour mille de ^{14}C dans les denrées alimentaires induit une dose annuelle supplémentaire de l'ordre de 1 micro-Sv.

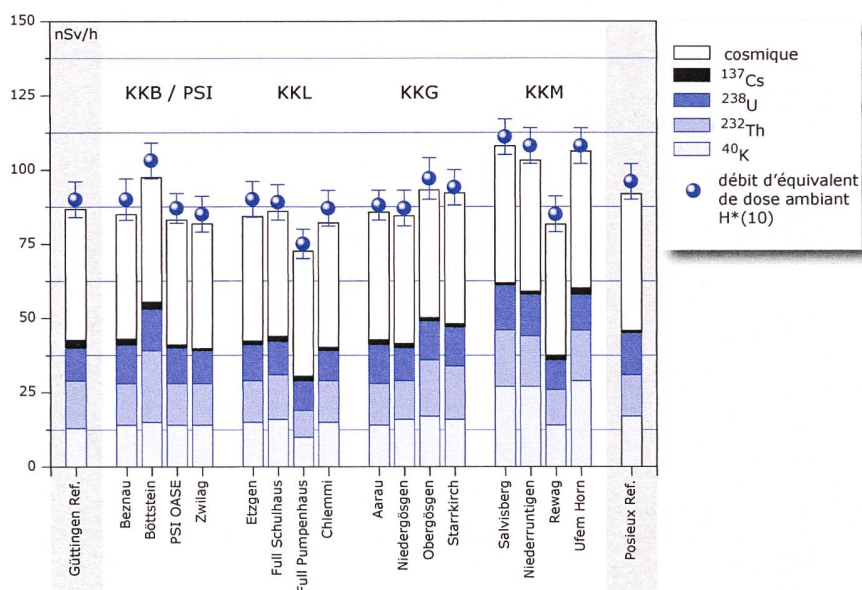


Figure 4:

Contributions individuelles à l'exposition ambiante ($H^*(10)$) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2014 au voisinage des centrales nucléaires suisses ainsi qu'aux sites de référence de Güttingen et Posieux (gris). 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.

Le programme de surveillance visant à déterminer l'impact des rejets liquide des centrales nucléaires sur l'environnement comprend l'analyse d'échantillons d'eaux, de sédiments, de poissons et de certaines plantes aquatiques à Hagneck (en aval de KKM), Klingnau (aval de KKB) et Pratteln (aval de KKL). Il est à relever qu'en raison de la réduction significative des rejets en ^{58}Co et ^{60}Co par la centrale de Beznau au cours des dernières années, seules les traces des rejets liquides de la centrale nucléaire de Mühleberg (essentiellement les isotopes du Cobalt) peuvent aujourd'hui être mises en évidence dans les échantillons d'eaux ou certaines plantes aquatiques. Ainsi en 2014, seul le ^{60}Co en provenance de Mühleberg a pu être décelé dans les eaux de l'Aar prélevées à Hagneck. Le ^{137}Cs également 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. Comme dans les échantillons d'eaux, des traces de ^{60}Co et de ^{137}Cs se retrouvent également dans les échantillons de sédiments prélevés dans l'Aar et le Rhin.

A noter qu'en mars 2014, les mesures de plutonium dans les échantillons d'eau de rivière provenant des trois stations de collecte situées sur l'Aar et le Rhin ont indiqué des valeurs inhabituelles. L'origine de cette augmentation n'a pu être éclaircie malgré les recherches effectuées par l'OFSP, mais ces valeurs ne représentaient qu'1/100000 de la valeur limite d'immissions et n'avait donc pas d'impact d'un point de vue sanitaire. L'analyse des résultats a toutefois

permis d'exclure un rejet par une seule centrale. Seul un rejet simultané effectué en mars par toutes les centrales nucléaires aurait permis de concilier l'ensemble des résultats de mesure, ce qui est peu probable (voir chapitre 7.2).

Les concentrations mensuelles du tritium dans l'Aar et le Rhin sont généralement restées inférieures à la limite de détection de 2 Bq/l hormis aux mois de mai et juin où des concentrations mensuelles moyennes atteignant 15 Bq/l ont été enregistrées dans l'Aar, respectivement 5.5 Bq/l dans le Rhin. 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.

A noter qu'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 exemples précités et comme le montre la figure 4, les résultats des mesures environnementales effectuées au voisinage des installations nucléaires ne se distinguent pas de ceux enregistrés dans les endroits situés hors de l'influence de ces installations. 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}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

Si le LHC n'a pas fonctionné en 2014, les autres installations du CERN ont été remises progressivement en activité dans le courant de l'été 2014, après une longue période d'arrêt pour maintenance. Le contrôle des émissions des installations du CERN a indiqué des rejets effectifs nettement en dessous des limites réglementaires en 2014. Ce constat est confirmé par le programme de surveillance indépendant mis en oeuvre par l'OFSP autour du centre de recherche. Les résultats des mesures effectuées ont révélé la présence de traces sporadiques de certains radioisotopes produits par les accélérateurs du CERN, notamment le ^{24}Na et l' ^{131}I dans l'air ou le ^{22}Na dans l'eau. 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 ne doit pas excéder, au total, 0.15 mSv/an. En 2014, les rejets effectifs du PSI ont entraîné des doses inférieures à 5% de cette valeur. La surveillance de l'environnement est assurée par le PSI ainsi que par les autorités qui effectuent 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.

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. Certaines industries ont par exemple recours au tritium 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 2014, toutes les entreprises concernées ont respecté les valeurs limites pour les rejets fixées dans leur autorisation. L'OFSP met en oeuvre 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 et les eaux superficielles.

Après une baisse en 2013, les concentrations de tritium enregistrées en 2014 dans les précipitations au voisinage de l'entreprise Mb Microtec, à Niederwangen, sont à nouveau comparables à celles enregistrées par le passé. Avec une concentration maximale de 1'069 Bq/l, c'est dans la station de collecte située au nord-est de cette entreprise qu'a été enregistrée la plus forte teneur en tritium dans un échantillon de précipitations au cours de l'année 2014. Cette valeur représente environ 9% de la valeur limite d'immissions fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection pour les eaux accessibles au public. 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, les plus basses enregistrées depuis la mise en place de la surveillance (concentration maximale de 229 Bq/l et moyenne de 74 Bq/l).

Des échantillons de lait et de fruits et légumes ont également été prélevés au voisinage de l'entreprise Mb Microtec. Les résultats montrent que la valeur de tolérance pour le tritium, à savoir 1'000 Bq/l, n'a pas été dépassée. En effet, les concentrations de tritium dans les distillats des produits récoltés se sont échelonnées entre 13 et 17 Bq/l pour le lait (4 échantillons) et entre 7 et 113 Bq/l pour les 9 échantillons de pommes et celui de courgettes.

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

Héritages radiologiques

Le problème des héritages radiologiques liés à l'utilisation des peintures luminescentes au radium par l'industrie horlogère entre les années 1920 et 1960 a refait surface en 2014, notamment suite à la publication par la presse dominicale d'une liste d'adresses d'anciens ateliers potentiellement contaminés où le radium aurait été utilisé à domi-

cile jusqu'au début des années 60 (voir rapport annuel de division). Par ailleurs, suite à la découverte de déchets contaminés au radium lors de travaux effectués sur le site de l'ancienne décharge publique des Fléoles à Bienne (chantier de l'autoroute A5), l'OFSP a procédé à une analyse complète du site afin d'évaluer le risque sanitaire pour la population résidant sur les parties construites de cette ancienne décharge. Des mesures de spectrométrie gamma in situ ont ainsi été réalisées dans les zones de l'ancienne décharge occupées par des immeubles d'habitation : à six endroits, les valeurs mesurées pour le ^{226}Ra correspondaient à la radioactivité présente naturellement dans le sol. A un endroit, un marquage de l'environnement dû à la présence supplémentaire de ^{226}Ra d'origine artificielle a pu être détecté. Sa contribution au débit de dose ambiant, qui s'élève entre 5 et 9 nSv/h ne présente toutefois aucun risque, même pour les personnes qui s'y attarderaient. Cette valeur représente en effet moins de 10% du débit de dose total dû au rayonnement naturel mesuré à cet endroit et n'est décelable qu'à l'aide d'appareils de mesure très sensibles. Des mesures du ^{226}Ra ont aussi été réalisées dans les eaux d'infiltration de l'ancienne décharge. Pour quatre des dix échantillons, les analyses en laboratoire ont révélé des concentrations en ^{226}Ra supérieures à celles rencontrées habituellement dans les eaux souterraines naturelles en Suisse, indiquant un marquage par des résidus de ^{226}Ra d'origine artificielle. Toutes les valeurs mesurées étaient toutefois inférieures à la valeur paramétrique de 500 mBq/l fixée pour le ^{226}Ra dans les directives européennes sur la protection de la santé de la population en ce qui concerne les substances radioactives dans les eaux destinées à la consommation humaine (2013/51/Euratom). De plus, la ville de Bienne ne prélève pas d'eau potable dans la zone autour de l'ancienne décharge.

En résumé, si les résultats des mesures effectuées dans le périmètre de l'ancienne décharge ont confirmé l'absence de contamination présentant un risque sanitaire et nécessitant des mesures d'assainissement, ils ont montré que d'autres déchets contaminés au ^{226}Ra pouvaient s'y trouver. Si des travaux devaient à l'avenir être effectués sur les parties construites de l'ancienne décharge, un programme de surveillance de la radioactivité devrait alors impérativement être mis en place avant et pendant leur réalisation. Ceci pour garantir, d'une part, que les travailleurs ne soient pas exposés à des doses supplémentaires dues au contact avec ces déchets et, d'autre part, que ces derniers soient éliminés de manière conforme.

Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux

Les hôpitaux utilisent de l' ^{131}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}I . Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d' ^{131}I sont parfois détectées, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection. D'autres radionucléides sont également utilisés par des applications diagnostiques et thérapeutiques. Ainsi, en 2014, l'activité totale de ^{177}Lu appliquée a presque égalée celle du ^{131}I .

En 2014, l'OFSP a réalisé un programme spécifique de mesure du ^{223}Ra , dont l'usage en médecine nucléaire est en augmentation. L'objectif de ces mesures était 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.

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 et par des analyses de la teneur en ^{90}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 ont pu être poursuivies en 2014, mais celles-ci ont été effectuées sur des étudiant(e)s et non plus sur des collégiennes et collégiens comme par le passé, en raison de problèmes récurrents rencontrés avec les collèves ces dernières années. Les résultats de ces mesures ont montré des valeurs de ^{137}Cs inférieures à la limite de détection de 1 Bq/kg. Le ^{40}K naturel s'élève en moyenne à environ 57 Bq/kg chez les femmes et à 70 Bq/kg chez les hommes. La teneur en ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait n'est plus

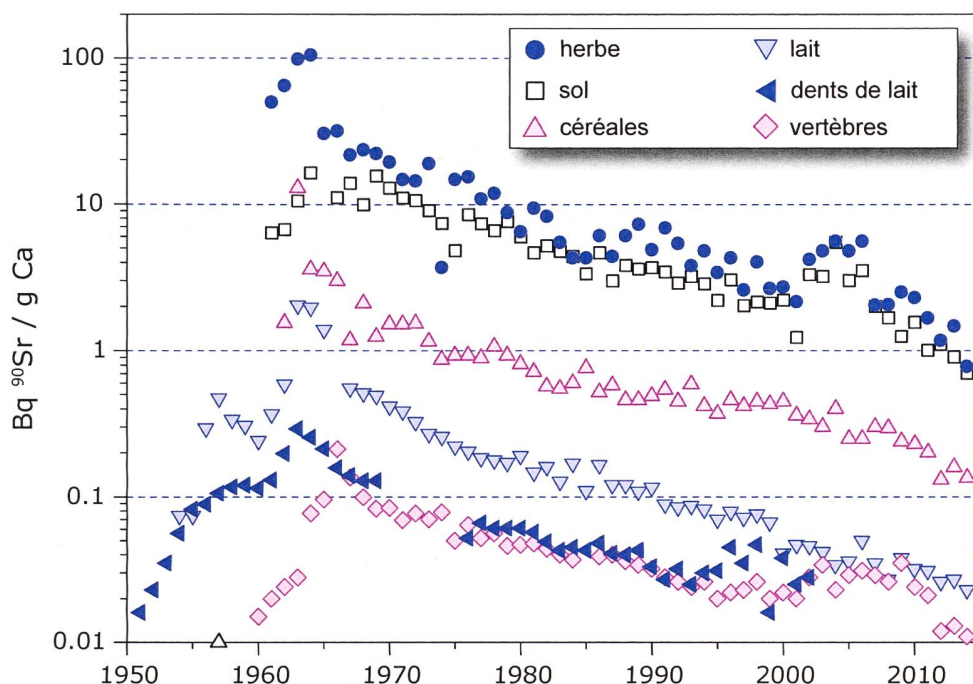


Figure 5:
 ^{90}Sr dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2014.

aujourd'hui que de quelques centièmes de Bq/g de calcium (figure 5). Le strontium est assimilé par le corps humain comme le calcium dans les os et les dents. 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}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 5) 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

Risque sanitaire associé à l'exposition à des sources artificielles de radioactivité dans l'environnement resté faible

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 2014, 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}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 il est encore responsable des dépassements des valeurs limites observés dans la viande de certains sangliers chassés au Tessin, ainsi que des quelques dépassements des valeurs de tolérance enregistrée en Suisse en 2014 dans les denrées alimentaires (indigènes ou importées).

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}C dans les feuillages ou les isotopes du cobalt dans les eaux et les sédiments au voisinage des centrales nucléaires ou encore le ^{24}Na dans l'air au voisinage des centres de recherche), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux valeurs limites d'immissions. La surveillance mise en oeuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a montré un marquage de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide à proximité immédiate de ces entreprises. Les concentrations enregistrées dans les précipitations ont ainsi atteint au maximum 9% de la valeur limite d'immissions pour le tritium dans les eaux accessibles au public.

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 oeuvre.