

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: - (2015)

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: 02.02.2025

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 2015
Résultats 2015



1

Umweltüberwachung: Zusammenfassung Surveillance de l'environnement: Résumé

Umweltüberwachung: Zusammenfassung	14
Auftrag und Messprogramm	14
Ergebnisse der Umweltüberwachung 2015	16
Beurteilung	21
Surveillance de l'environnement: Résumé	22
Tâches et programme de mesures	22
Résultats de la surveillance 2015	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 könnte (Strahlenunfall). Mit dem Überwachungsprogramm sollen andererseits auch die Referenzwerte für die Umweltradioaktivität in der Schweiz und deren Schwankungen bestimmt werden, um die Strahlendosen für die Schweizer Bevölkerung zu ermitteln. Diese allgemeine Überwachung umfasst auch 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 von Anlagen, die 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 umfasst die Überwachung der Emissionen (effektive Freisetzung von radioaktiven Stoffen) dieser Unternehmen sowie die 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.

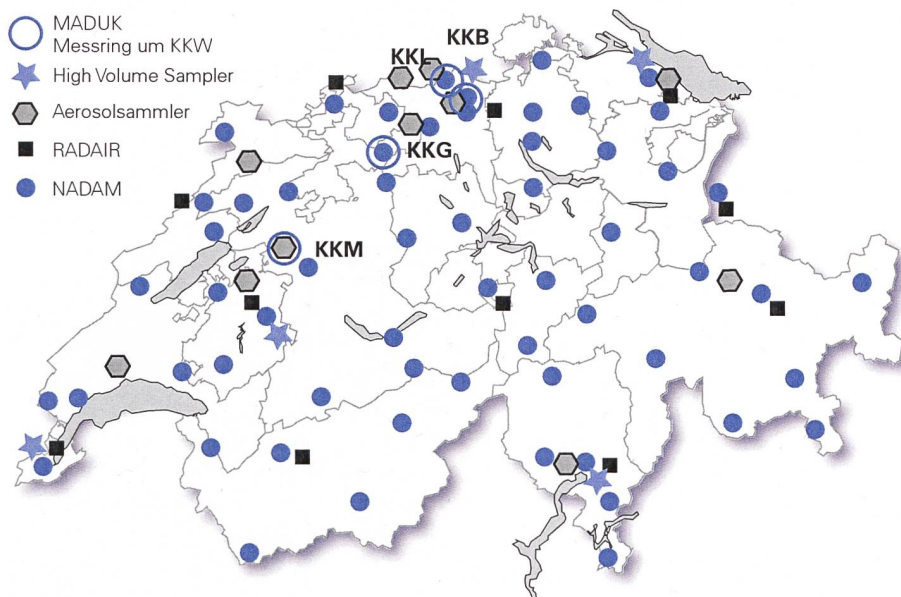
Es koordiniert dieses Überwachungsprogramm, an dem auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulinstitute beteiligt sind. Die Liste der am Überwachungsprogramm beteiligten Laboratorien findet sich in den Anhängen 1 und 2. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht jährlich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

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. Messungen vor Ort (In-situ-Gamma-spektrometrie), 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 Kehrrichtverbrennungsanlagen.

Automatische Messnetze (Figur 1) erfassen die Dosisleistung über die ganze Schweiz (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 Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Seit 2015 kann ein Grossteil der Messergebnisse auf www.radenviro.ch eingesehen werden. Diese neu geschaffene Internetplattform zeigt die Resultate der in der Schweiz an Umweltproben wie Luft, Boden, Gras, Milch oder Wasser gemachten Radioaktivitätsmessungen. Die Ergebnisse von Spezialmessungen wie ^{90}Sr in Wirbelknochen und Milchzähnen oder ^{14}C in Baumblättern sind zurzeit noch ausschliesslich im vorliegenden gedruckten Bericht zu finden.



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

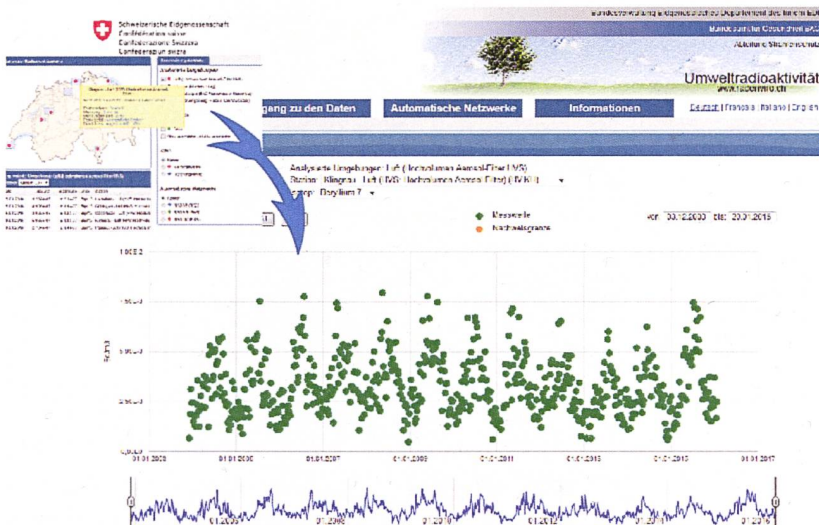
Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Methoden für die Probenentnahme und die Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.

Ein neues automatisches Messnetz überwacht die Radioaktivität in Aare und Rhein

Im Mai 2013, nach den Reaktorunfällen in Fukushima, hat der Bundesrat entschieden, das vom BAG betriebene automatische Messnetz für die Radioaktivitätsüberwachung der Luft, RADAIR, zu ersetzen

und gleichzeitig mit Sonden zur kontinuierlichen Überwachung von Flusswasser zu ergänzen. Eine automatische Überwachung von Flusswasser gab es bis anhin in der Schweiz nicht. Das neue automatische Messnetz – URAnet aqua – ist seit November 2015 vollständig operationell und misst fortlaufend die Radioaktivität in Aare und Rhein. Alle 10 Minuten werden die Messwerte übermittelt und bei erhöhter Radioaktivität eine Alarmmeldung. Das neue Dispositiv schliesst somit eine Lücke in der Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz.

Die Messsonden von URAnet aqua sind unterhalb der Kernkraftwerke in Aare und Rhein installiert, genauer in Radelfingen, Hagneck, Aarau, Laufenburg und Basel. Dank diesen Sonden können im Falle einer erhöhten Radioaktivität auch die betroffenen Wasserwerke rasch informiert werden. Trinkwasserversorger wie die Stadt Basel, welche ihr ganzes Trinkwasser aus dem Rhein bezieht, können so die Wasserentnahme aus den Flüssen präventiv stoppen, selbst bei geringer Kontamination des Trinkwassers. Im Falle einer starken radioaktiven Kontamination des Flusswassers, als Folge eines Unfalles in einem Kernkraftwerk, würde automatisch Alarm bei der nationalen Alarmzentrale (NAZ) ausgelöst, damit diese die notwendigen Schutzmassnahmen für die Bevölkerung anordnen kann.



Figur 2: Die neue Internetplattform zur Abfrage von Radioaktivitätsmessungen an Umweltpflanzen - www.radenviro.ch

1.1. Umweltüberwachung: Zusammenfassung - @BAG 2016

Die Tagesmittel der Messwerte werden auf der neuen vom BAG betriebenen Internetplattform Radenviro veröffentlicht (www.radenviro.ch).

Die vom Bundesrat ebenfalls beschlossene Erneuerung der Luftsonden ist für die Jahre 2016-2017 geplant.

Ergebnisse der Umweltüberwachung 2015

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

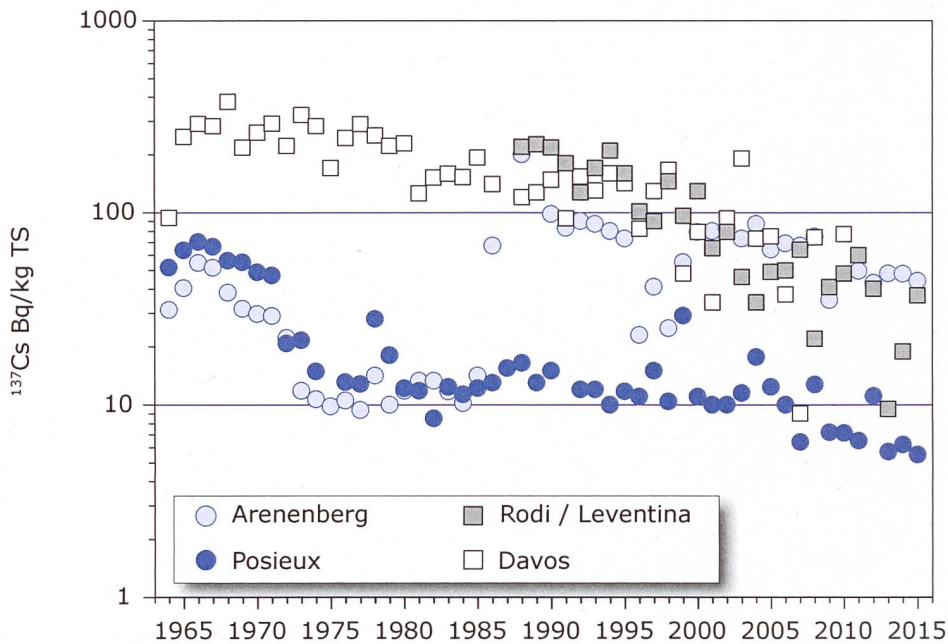
Die Resultate 2015 der Überwachung der Radioaktivität in Luft, Niederschlag, Gras und Boden sind vergleichbar mit jenen aus den Vorjahren und bestätigen, dass in diesen Umweltkompartimenten der überwiegende Teil der Radioaktivität natürlichen Ursprungs ist. Die Luftmessungen mit Hochvolumen Aerosolfiltern zeigen hauptsächlich kosmogenes ^7Be sowie ^{210}Pb und andere 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 wenige Bq/l.

Im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das ^{40}K . Die künstlichen Isotope aus den Ablagerun-

gen aus der Luft zeigen regionale Unterschiede, die mit der unterschiedlichen Ablagerung 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 höher 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 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. 0.1 bis 2 Bq/l. Lediglich 3 von mehr als 140 im Berichtsjahr gemessenen Milchproben zeigten Werte von mehr als 2 Bq/l. Eine der Proben stammt aus dem Tessin (9.3 Bq/l) und zwei aus Graubünden (2.4 und 6.8 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 beinahe 30 Jahre nach dem Unfall noch messbar ist. Die ^{90}Sr -Gehalte der 56 daraufhin untersuchten Milchproben lagen alle unterhalb des Toleranzwertes von 1 Bq/l geblieben (Maximalwert: 0.3 Bq/l).

Gewisse einheimische Wildpilze, zum Beispiel Zigeuner (Reifpilz) oder Maronenröhrling, können



Figur 3: ^{137}Cs (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964-2015).

immer noch erhöhte Gehalte von ^{137}Cs aufweisen. Die 37 vom Kantonalen Labor des Kantons Tessin im Berichtsjahr untersuchten einheimischen Wildpilzproben enthielten maximal 590 Bq/kg ^{137}Cs mit einem Durchschnittswert von 180 Bq/kg. Damit war der Toleranzwert für Wildpilze von 600 Bq/kg Frischgewicht in allen Proben eingehalten. Im 2015 hat der Kanton Tessin auch 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. Bei Überschreitung eines Schwellenwertes werden die Wildschweine vom Kantonstierarzt konfisziert und eine Probe für eine Labormessung genommen. 2015 wurde dabei ein Rekordwert für Wildschweinfleisch aus dem Kanton Tessin von 9'920 Bq/kg ^{137}Cs festgestellt. Über die ganze Jagdsaison zeigten 5% der 468 erlegten Tiere eine Überschreitung des FIV-Grenzwertes von 1'250 Bq/kg und wurden konfisziert. Vergleichbare Kontrollen wurden während der Jagdsaison 2014/2015 auch in den Kantonen Zürich und Aargau durchgeführt, ohne dass dabei bei den 80 bzw. 298 untersuchten Tieren Überschreitungen des Toleranzwertes festgestellt worden wären.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima-Daiichi hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. Rund 100 Proben von Tee, Getreide, Reis, Algen, Meeresfrüchte und anderen Lebensmittel aus Japan wurden 2015 von den Kantonalen Laboratorien untersucht.

Dabei konnte in rund in einem Viertel der vom Kantonalen Labor Basel-Stadt untersuchten 21 Teeproben ^{137}Cs nachgewiesen werden und bei 3 Proben zusätzlich ^{134}Cs – ein klarer Hinweis auf eine Kontamination als Folge des Reaktorunfalles von Fukushima. Toleranzwertüberschreitungen wurden dabei aber in den Teeproben nicht festgestellt. Diese Feststellung gilt auch für die anderen aus Japan stammenden Lebensmittelproben.

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern wurden wie jedes Jahr ebenfalls von den Kantonalen Laboratorien analysiert. 2015 handelte es sich dabei hauptsächlich um Wildfleisch und Wildpilze, welche bekannt dafür sind ^{137}Cs anzureichern. Toleranzwertüberschreitungen für dieses Radioisotop wurden in den untersuchten Proben keine festgestellt.

Zusammenfassend: Die 2015 in der Schweiz festgestellten Grenzwertüberschreitungen in Wildschweinfleisch sind, auch fast 30 Jahre danach, noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl. Andere Grenz- oder Toleranzwertüberschreitungen

in einheimischen und importierten Lebensmitteln wurden im Berichtsjahr keine festgestellt.

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 vorgegebenen Abgabelimiten 2015 eingehalten haben.

An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist Direktstrahlung aus dem Werk deutlich messbar. In Mühleberg etwa zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter für die jährliche Umgebungs-dosis Werte von bis zu 0.7 mSv (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von ebenfalls 0.7 mSv/Jahr). Der Immissionsgrenzwert für Direktstrahlung ist bei allen Kernkraftwerken 2015 eingehalten. Hier ist zu beachten, dass der Immissionsgrenzwert für Direktstrahlung für die Ortsdosis gilt und sich nicht auf Personendosen bezieht. Die gemessenen Werte können also nicht direkt mit dem quellenbezogenen Dosisrichtwert von 0.3 mSv/Jahr verglichen werden, 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 2015 nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt (siehe Kapitel 8.5 des vorliegenden Berichtes). Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren von Abgaben an die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für ^{14}C im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von 154 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Die zusätzliche jährliche Dosis durch dieses ^{14}C in Lebensmitteln beträgt aber nur wenige Mikro-Sv.

In den Flüssen werden die Auswirkungen der flüssigen Abgaben der Kernkraftwerke im Wasser, in den Schwebstoffen, in Fischen und in Wasserpflanzen überwacht (bei Hagneck flussabwärts von Mühleberg, bei Klingnau unterhalb KKB sowie bei Prat-

teln flussabwärts von KKL). Da beim Kernkraftwerk Beznau die ⁵⁸Co- und ⁶⁰Co-Abgaben in den letzten Jahren deutlich verringert wurden, können heute im aquatischen Milieu (vorab in Schwebestoffen und in den Wasserpflanzen) meist nur noch die Abgaben des KKW Mühleberg, vor allem Kobaltisotope, nachgewiesen werden. Bei der Station Hagneck waren während und nach der Revision des KKM die Isotope ⁵⁸Co und ⁶⁰Co sowie ⁵⁴Mn und ⁶⁵Zn in den monatlichen Schwebestoffproben meist nachweisbar, wohingegen die Konzentrationen im Wasser im Berichtsjahr 2015 stets unterhalb der Nachweisgrenze lagen. In den Schwebestoffproben der Stationen Klingnau und Pratteln tauchten ⁶⁰Co und ⁵⁴Mn nur sporadisch auf. Bei den monatlichen Wasserproben dieser beiden Stationen lag zweimal ⁶⁰Co knapp über der Nachweisgrenze und zweimal ¹³⁷Cs, wobei das ¹³⁷Cs im Wesentlichen aus der Remobilisierung von alten Ablagerungen (Tschernobyl und Atombombenversuche der 60er Jahre) stammt.

Beim Tritium blieben die Monatsmittelwerte für Wasserproben aus der Aare und dem Rhein meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate Mai und Juni, wo, wie jedes Jahr, aufgrund der Abgaben des KKW Gösgen leichte Erhöhungen auftraten. Das höchste Monatsmittel von 10 Bq/l zeigte sich im bei Brugg entnommenen Aarewasser.

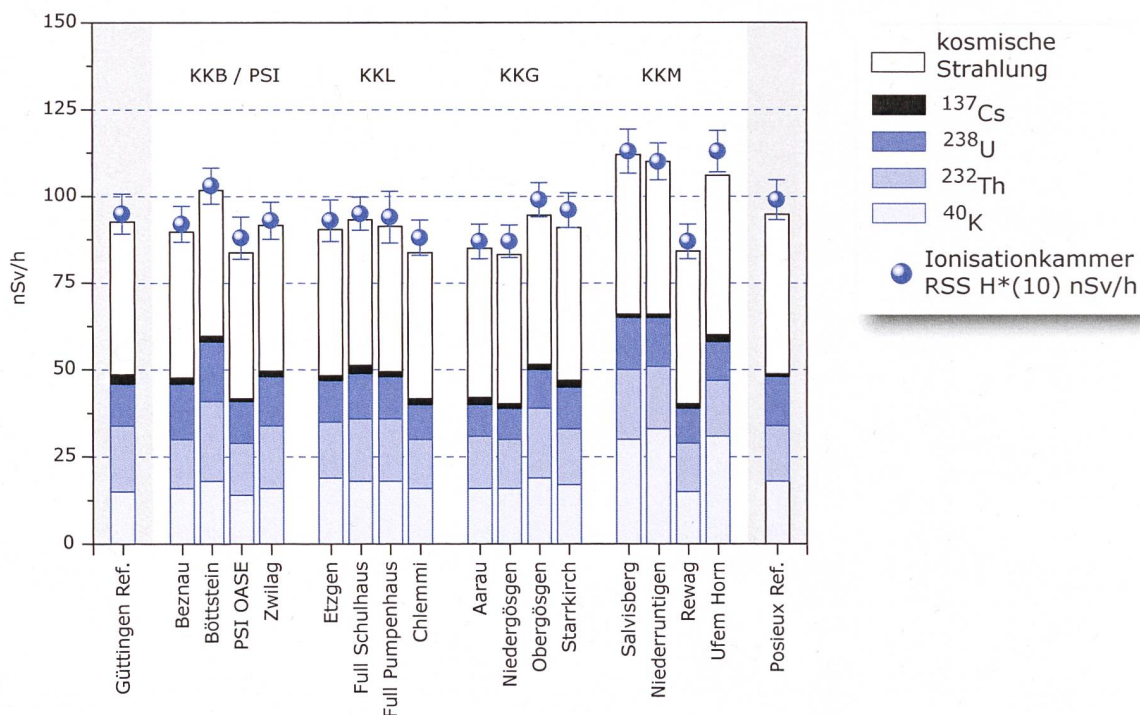
Die Resultate der Radioaktivitätsmessungen von Lebensmitteln aus der Umgebung der Kernkraftwerke waren ähnlich wie jene von Proben aus entfernten Gebieten im Mittelland.

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 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 (¹³⁷Cs).

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 die Studien sorgfältig weitergeführt werden, um den verschiedenen gesetzlichen und wissenschaftlichen 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 2015 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

Nach einer langen Shutdownphase für Unterhaltsarbeiten seit Februar 2013 wurde der LHC im Frühling 2015 schrittweise wieder in Betrieb genommen. Im Berichtsjahr waren damit alle Installationen des CERN am Laufen. Die interne Emissionskontrolle des CERN hat gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2015 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 wie in vergangenen Jahren vereinzelt Spuren von Radionukliden, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden, namentlich ^{24}Na und ^{131}I in der Luft und ^{22}Na im Wasser.

2015 wurden Spuren von Aktivierungsprodukten wie ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{134}Cs und ^{152}Eu ebenfalls in Bodenproben vom Gelände des CERN am Standort Meyrin gemessen. Das gemessene Bodenmaterial stammt ursprünglich aus einer tieferen, nahe am Strahlrohr gelegenen Schicht, wo die gemessenen Isotope während des Betriebs des Beschleunigers aktiviert wurden. Bei Bauarbeiten wurde dieses Material ausgehoben und teilweise an der vom BAG beprobten Stelle abgelagert. So erklärt sich, warum Aktivierungsprodukte in einer an der Oberfläche genommenen Bodenprobe messbar sind.

Die durch das CERN verursachte Strahlenbelastung für die Bevölkerung in der Nachbarschaft und für die Umwelt bleibt sehr gering, da die maximalen Aktivitäten der Radionuklide, welche auf Tätigkeiten des CERN zurückzuführen sind, nur einen sehr kleinen Bruchteil der in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerte erreichen.

Beim PSI darf die zusätzliche Strahlendosis für die Bevölkerung in der Umgebung 0.15 mSv/Jahr nicht übersteigen. Im Jahr 2015 blieb die tatsächliche zusätzliche 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 auf den Betrieb der Forschungseinrichtungen des PSI zurückzuführenden Einfluss.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 8.

Tritium aus der Industrie

Gewisse Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. In der Schweiz ist Tritium das am häufigsten industriell verwendete Radionuklid, zum Beispiel zur Herstellung von Tritiumgas-Leuchtquellen oder

von radioaktiven Markern für die Forschung. Die betroffenen Betriebe sind verpflichtet der Aufsichtsbehörde ihre Emissionen mitzuteilen. Im Jahr 2015 haben alle Betriebe die in ihren Bewilligungen festgelegten Vorgaben für die Abgabe von radioaktiven Stoffen eingehalten. Spezifische Überwachungsprogramme des BAG kontrollieren die Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer.

Die 2015 im Niederschlag in unmittelbarer Umgebung der Firma mb-microtec in Niederwangen gemessenen Tritiumkonzentrationen liegen im unteren Teil des Erfahrungsbereiches aus früheren Jahren. Mit einem Maximum von 730 Bq/l war 2015 die Probenahmestation im Nordosten des Firmenstandortes für den höchsten Tritiumwert im Regen verantwortlich. Dieser Wert entspricht ungefähr 6% des in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Immissionsgrenzwertes für öffentlich zugängliche Gewässer. Die Tritiumkonzentrationen in den wöchentlichen Regenproben in der Umgebung der Firma RC Tritec (Teufen/AR) bestätigen für 2015 den schon im Vorjahr festgestellten Rückgang und sind die Tiefsten seit Beginn der Überwachung (Maximum: 209 Bq/l, Mittelwert: 70 Bq/l).

In der Umgebung der Firma mb-microtec wurden auch Milchproben sowie verschiedene Früchte 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 9 bis 16 Bq/l für Milch (4 Stichproben) und zwischen 8 und 45 Bq/l für Äpfel und Gemüse (11 Stichproben).

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.

Radium-Altlasten

Nach dem Fund von mit Radium (^{226}Ra) kontaminierten Abfällen bei den Bauarbeiten für die Autobahn A5 auf einer ehemaligen Deponie in Biel und nach der Publikation einer Liste mit potentiell Radium-kontaminierten Gebäuden durch die Presse hat das BAG einen Aktionsplan Radium ausgearbeitet um die Hinterlassenschaften der Arbeiten mit Radium-Leuchtfarbe abschliessend zu bewältigen. Radium-Leuchtfarbe wurde zwischen 1920 und 1960 in Uhrenateliers aber auch in Wohnungen von Heimarbeitern für die Uhrenindustrie verwendet. Im Mai 2015 hat der Bundesrat den Radium Aktionsplan 2015-2019 gutgeheissen. Die wichtigsten Phasen dieses Plans sind historische Nachforschungen zu potenziell kontaminierten Gebäuden, diagnostische

Messungen und Beurteilung der Radium-Exposition von Bewohnern, Durchführung von Sanierungen bei Überschreitung des gesetzlichen Grenzwertes von 1 mSv/Jahr sowie die Prüfung und Überwachung von Deponien, die Radiumabfälle enthalten könnten. Bei den vor 1970 betriebenen Deponien und anderen Standorten, wo eine Kontamination mit Radium angenommen werden muss, hat das BAG für eine sachgerechte radiologische Überwachung und eine längerfristige Begleitung der Situation zu sorgen, insbesondere falls Sanierungsarbeiten anstehen. Das BAG nimmt diese Aufgabe in enger Zusammenarbeit mit dem BAFU sowie mit den betroffenen Gemeinden und Kantonen wahr. Beginnen werden die Arbeiten der «Phase Deponien» im 2016.

Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen ^{131}I verwendet. Weitere Radionuklide kommen zu anderen diagnostischen und therapeutischen Zwecken zum Einsatz. 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 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.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 9.2 und 9.3.

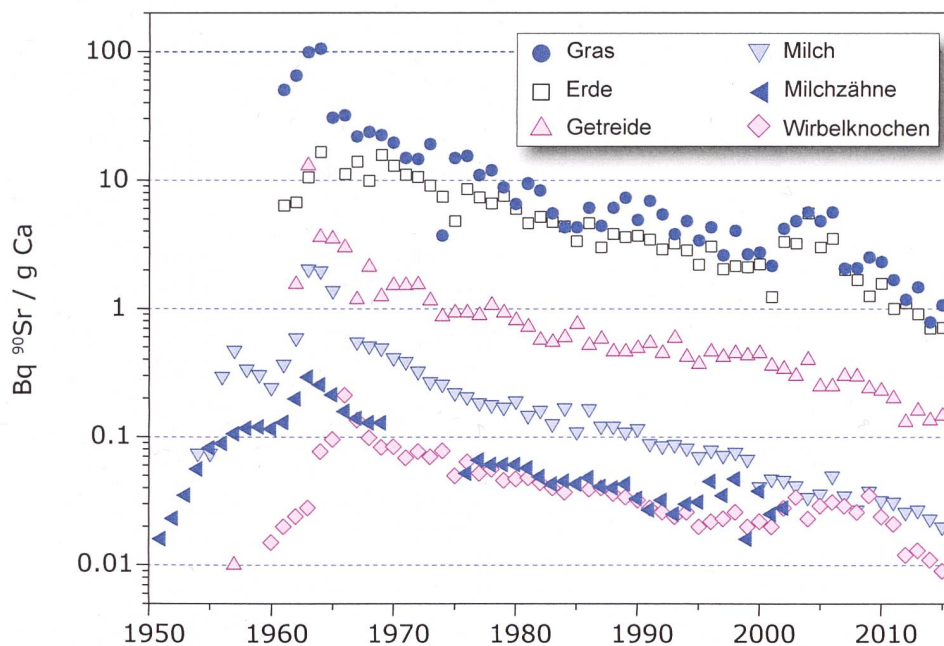
Messungen am menschlichen Körper

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 durch das Universitätsspital in Genf konnten im Jahr 2015 weitergeführt werden, aber seit 2014 an Studenten und Studentinnen und nicht wie vorher an Gymnasiasten und Gymnasiastinnen. 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:
⁹⁰Sr in verschiedenen, zwischen 1950 und 2015 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

Beurteilung

Strahlenrisiko durch künstliche Radioaktivität in der Umwelt bleibt klein

In der Schweiz lagen 2015 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 war inhomogen über das Land verteilt. Radioaktives ¹³⁷Cs 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 2015 in einigen Wildschweinfleischproben aus dem Tessin festgestellten Grenzwertüberschreitungen.

Die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken und Forschungsanstalten sind vergleichbar mit jenen aus früheren Jahren. Spuren von emittierten Radionukliden können in der Um-

gebung zwar nachgewiesen werden (zum Beispiel ¹⁴C in Blättern in der Umgebung von Kernkraftwerken sowie kurzlebige Radionuklide wie ²⁴Na und ¹³¹I in der Luft bei Forschungszentren); die Emissionen sind aber deutlich unterhalb der bewilligten Mengen.

Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt in deren unmittelbarer Nähe einen Rückgang des Einflusses von Tritium auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel), verglichen mit früheren Jahren. Die maximale gemessene Konzentration entspricht einer Ausschöpfung von 6% 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. 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 fait partie de cette surveillance générale.

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 et 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. Il coordonne ce programme de surveillance, auquel participent également d'autres laboratoires de la Confédération et plusieurs 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 déterminer directement le niveau de 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 gérée par l'OFSP. Depuis 2015, une large palette de

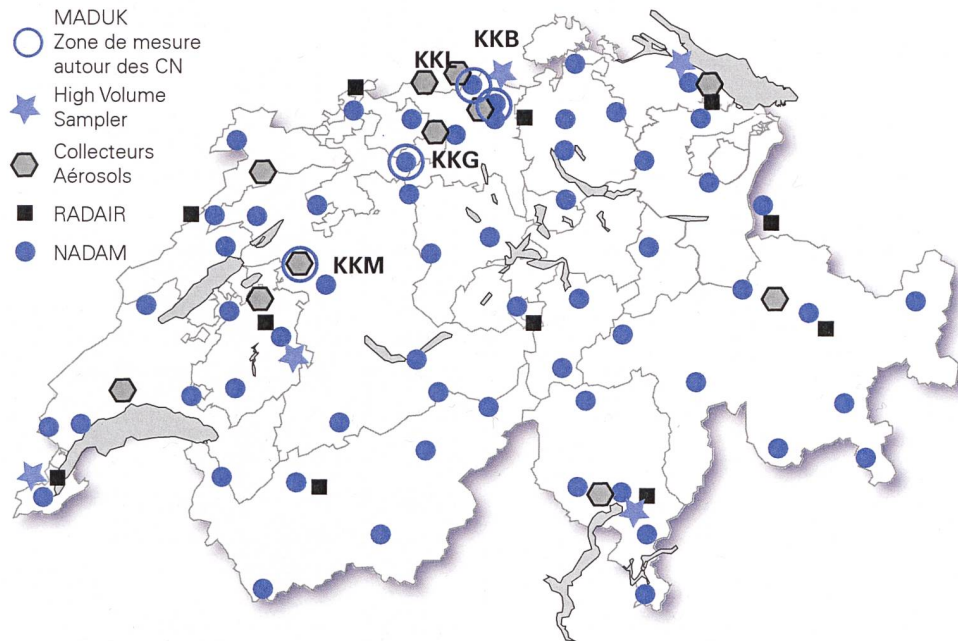


Figure 1: Réseaux de mesure pour la surveillance de l'air en Suisse (débit de dose et aérosols).

résultats est consultable en ligne sur le site www.radenviro.ch. Ce site web nouvellement créé regroupe tous les résultats des mesures de la radioactivité effectuées en Suisse dans des échantillons de l'environnement, tels que l'air, le sol, l'herbe, le lait ou l'eau. Pour l'heure, les résultats des mesures spéciales (par ex. mesure dans les vertèbres, dents de lait, ¹⁴C dans les feuillages, etc.) ne sont publiés que dans le rapport annuel. Les programmes de surveillance sont comparables à ceux en vigueur dans les pays voisins. Les techniques d'échantillon-

nage 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.

Un nouveau réseau automatique surveille la radioactivité de l'Aar et du Rhin

En mai 2013, suite à l'accident de Fukushima au Japon, le Conseil fédéral a décidé que le réseau automatique de surveillance de l'air, RADAIR, exploité par l'OFSP, devait être rénové et étendu à la surveillance en continu des eaux de rivière. En effet, il n'existait jusqu'alors aucun dispositif automatique de mesure de la radioactivité dans les eaux de rivière en Suisse. Depuis novembre 2015, le nouveau réseau automatique de surveillance de la radioactivité dans les eaux de rivière, baptisé URAnet aqua, est opérationnel et mesure en continu le niveau de radioactivité de l'Aar et du Rhin. Il permet de détecter, dans un délai de 10 minutes, toute augmentation anormale de la radioactivité dans l'eau et de générer une alarme. Ce nouveau dispositif permet de combler une lacune de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse.

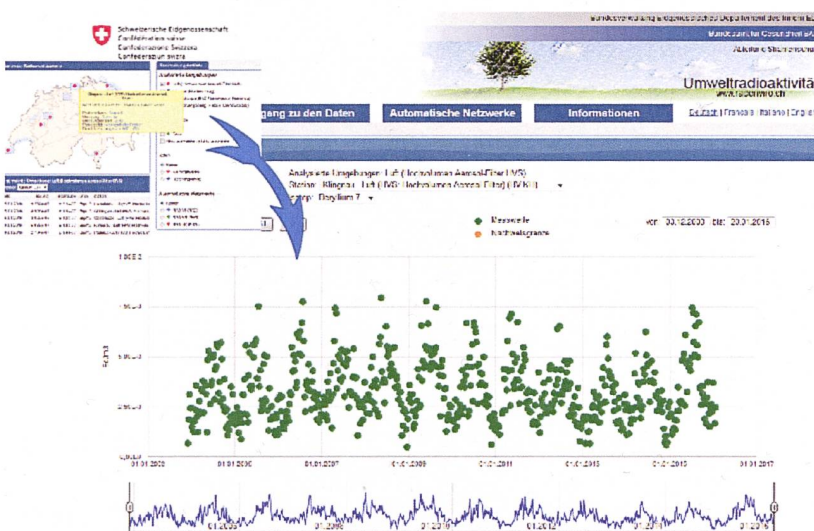


Figure 2: Plateforme de consultation en ligne des mesures de la radioactivité dans des échantillons de l'environnement: www.radenviro.ch

Le réseau est constitué de sondes de mesure installées dans l'Aar et le Rhin en aval des centrales nucléaires ainsi qu'à Bâle. Plus précisément, elles se situent à Radelfingen, Hagneck, Aarau, Laufenburg et Bâle. Les nouvelles sondes permettront entre autre d'avertir rapidement les fournisseurs d'eaux potables en cas de valeurs élevées. La ville de Bâle, par exemple, s'approvisionne presque entièrement en eau potable à partir du Rhin. Grâce aux nouvelles mesures disponibles, les fournisseurs d'eau pourront stopper à titre préventif le pompage des eaux fluviales, même en cas de contamination de faible ampleur. En cas de contamination radioactive importante des eaux de rivière, suite à un accident grave dans une centrale nucléaire, une alarme sera automatiquement envoyée à la centrale nationale d'alarme (CENAL), afin qu'elle puisse ordonner les mesures de protection nécessaire pour la population.

Les moyennes journalières des mesures peuvent être consultées sur la nouvelle plateforme internet «Radenviro» de l'OFSP (www.radenviro.ch).

Le remplacement des moniteurs d'aérosols du réseau RADAIR est quant à lui planifié entre 2016 et 2017.

Résultats de la surveillance 2015

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 2015 sont restés semblables à ceux des années précédentes et montrent la prédominance de la radioactivité naturelle dans ces compartiments environnementaux. Les résultats des mesures des filtres aérosols à haut débit ont par exemple montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le ⁷Be cosmogénique, ainsi que le ²¹⁰Pb 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 ⁴⁰K. 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.

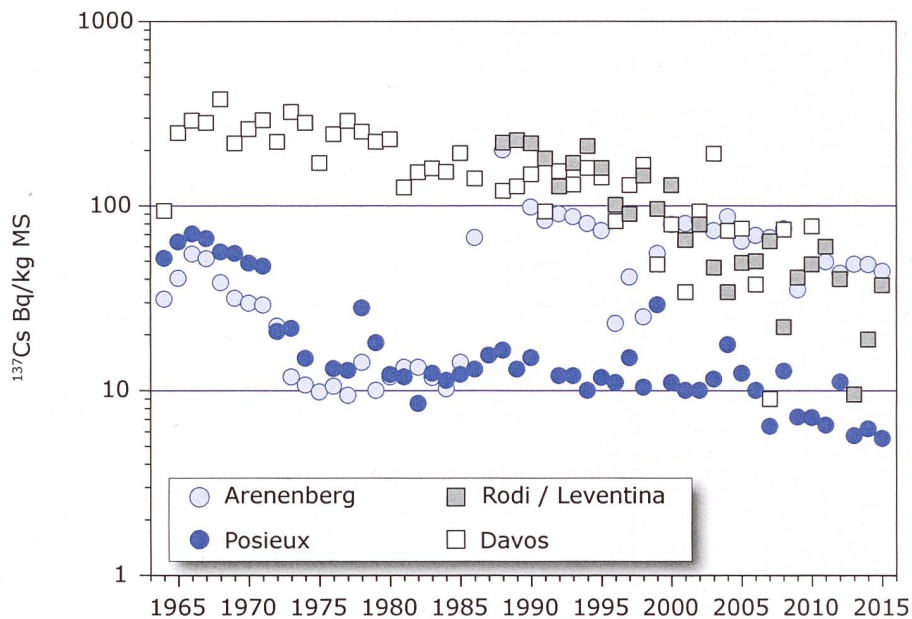


Figure 3: ¹³⁷Cs (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964-2015).

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. 0.1 à 2 Bq/l. Seuls 3 échantillons sur les env. 140 analysés en 2015 ont présenté une concentration de ^{137}Cs supérieure à 2 Bq/l. L'un provenait du Tessin (9.3 Bq/l), les deux autres (2.4 à 6.8 Bq/l) des Grisons. 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 0.3 Bq/l, les teneurs en ^{90}Sr enregistrées dans les 56 échantillons de lait analysés en 2015 sont toutes restées bien inférieures à la valeur de tolérance fixée à 1 Bq/l pour ce radionucléide.

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bais et les pholiotés ridées présentent toujours des valeurs accrues de ^{137}Cs . Avec une valeur maximale de 590 Bq/kg (valeur moyenne de 180 Bq/kg), aucun dépassement de la valeur de tolérance, fixée à 600 Bq/kg pour le césium dans les champignons sauvages, n'a toutefois été constaté en 2015 parmi les 37 échantillons de champignons indigènes analysés par le laboratoire cantonal du Tessin. En 2015, le canton du Tessin a également poursuivi son contrôle systématique des sangliers chassés sur son territoire. Une mesure de tri, effectuée sur place à l'aide d'un instrument dosimétrique, a été mise en place dès 2013 par le canton du Tessin en collaboration avec l'OFSP. Si la valeur-seuil est dépassée, le sanglier est confisqué et un échantillon est prélevé pour mesure en laboratoire. Une activité record de 9'920 Bq/kg a ainsi été enregistrée dans la viande d'un sanglier chassé en 2015. Sur l'année, 5% des 468 sangliers abattus ont présenté des activités de ^{137}Cs (dans la viande) supérieures à la valeur limite fixée à 1'250

Bq/kg dans l'OSEC et ont été confisqués par le vétérinaire cantonal. De telles campagnes de mesure ont également été réalisées au cours de la période 2014/2015 par les cantons de Zürich et d'Argovie. Aucun dépassement de la valeur de tolérance n'a été constaté parmi les 80, resp. 298, sangliers 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 100 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 2015. Un quart des 21 échantillons de thé analysés par le laboratoire cantonal de Bâle-ville ont présenté des traces de ^{137}Cs , dont 3 comprenaient également des traces de ^{134}Cs , indiquant un marquage par des contaminations radioactives consécutives à l'accident de Fukushima. Toutefois les valeurs mesurées sont en nette diminution par rapport aux années précédentes et aucun dépassement de la valeur de tolérance pour les isotopes du césium n'a été enregistré dans ces échantillons (en tenant compte de la dilution consécutive à la préparation du thé). Ce constat s'applique d'ailleurs aux autres échantillons de denrées alimentaires analysés en provenance du Japon.

Des analyses de denrées alimentaires importées d'autres pays ont également été effectuées, comme chaque année, par les laboratoires cantonaux. En 2015, ces analyses ont essentiellement porté sur la viande de chasse et les champignons sauvages, qui sont connus pour accumuler davantage le ^{137}Cs . Aucun dépassement de la valeur de tolérance pour le ^{137}Cs n'a été constaté dans ces échantillons.

Ainsi, les quelques dépassements des valeurs limites constatés en 2015 dans la viande de sanglier sont, près de 30 ans après sa survenue, toujours liées à l'accident de Tchernobyl. Aucun autre dépassement des valeurs de tolérance ou des valeurs limites n'a pu être mis en évidence dans les denrées alimentaires (indigènes ou importées) au cours de l'année sous revue.

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'exploit-

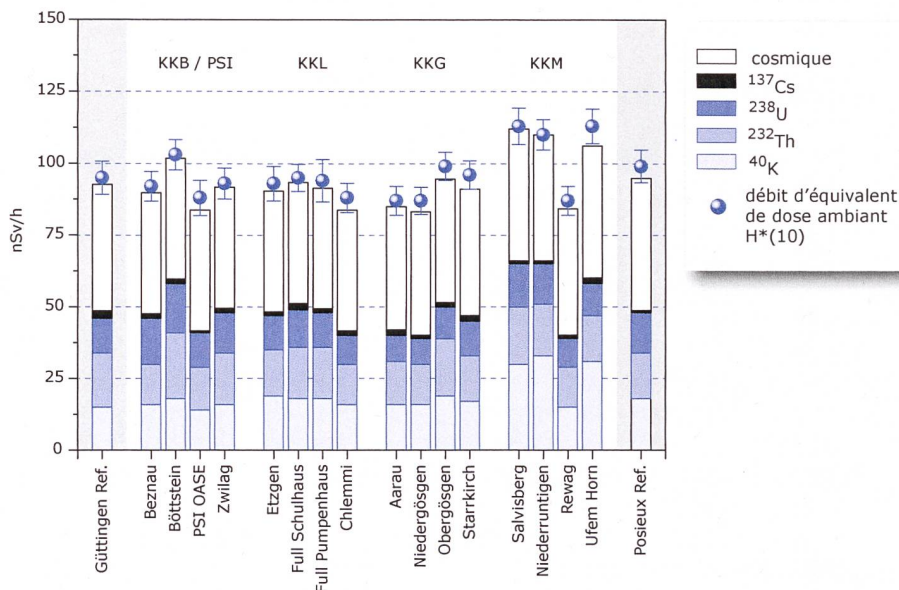


Figure 4: Contributions individuelles à l'exposition ambiante ($H^*(10)$) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2015 au voisinage des centrales nucléaires suisses ainsi qu'aux sites de référence de Güttingen et Posieux (grisé). Ces contributions ont 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.

tant 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 2015.

La contribution du rayonnement direct est clairement mesurable en certains points de la clôture des centrales de Leibstadt et de Mühleberg. A Mühleberg par exemple, l'évaluation des dosimètres disposés à la clôture de la centrale a montré une élévation de la dose ambiante annuelle pouvant atteindre 0.7 mSv (après soustraction du bruit de fond naturel qui s'élève également à 0.7 mSv/an). La valeur limite d'immission pour le rayonnement direct a toutefois été respectée par toutes les installations en 2015. 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 2015 (voir chapitre 8.5 du présent rapport). Les méthodes de mesure, d'une grande sensibilité, ont mis en évidence les traces des rejets atmos-

phériques, comme des valeurs accrues de ¹⁴C dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 154 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). Les doses qui en résultent par ingestion de denrées alimentaires locales ne représentent cependant que quelques micro-Sv.

Le programme de surveillance visant à déterminer l'impact des rejets liquides 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). En raison de la réduction significative des rejets en ⁵⁸Co et ⁶⁰Co par la centrale de Beznau au cours des dernières années, seules des traces de rejets liquides de la centrale nucléaire de Mühleberg (essentiellement les isotopes du cobalt) peuvent aujourd'hui être mesurées dans le milieu aquatique (essentiellement sédiments et certaines plantes aquatiques). Il est à relever que si du ⁵⁴Mn, du ⁵⁸Co, du ⁶⁰Co et même du ⁶⁵Zn ont pu être mis en évidence dans les échantillons mensuels de sédiments prélevés dans l'Aar à Hagneck, essentiellement pendant et après la période de révision, aucun de ces radionucléides n'a été décelé dans les échantillons d'eau de l'Aar prélevés à cette même station en 2015. Dans les échantillons de sédiments prélevés à Klingnau et Pratteln, le ⁶⁰Co et le ⁵⁴Mn ne sont présents que de façon sporadique et dans les eaux seul deux échantillons dépassent légèrement la limite de détection pour le ⁶⁰Co et dans

deux autres échantillons des traces de ^{137}Cs ont été mesurées. De manière générale, le ^{137}Cs , provenant de la remobilisation des dépôts de Tchernobyl et des essais d'armes atomiques des années 60, est le seul émetteur gamma d'origine artificielle régulièrement mesuré dans les échantillons d'eau de l'Aar et du Rhin en 2015.

Les concentrations mensuelles de 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 (concentration mensuelle moyenne atteignant 10 Bq/l dans les échantillons d'eau de l'Aar prélevés à Brugg) en raison de rejets plus importants d'eau contenant du tritium par la centrale nucléaire de Gösgen.

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 régions situées 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 la plus grande 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

Après une longue période d'arrêt pour maintenance (depuis février 2013), le LHC a été progressivement remis en service au printemps 2015. Les installations du CERN étaient donc toutes en fonction au

cours de l'année sous revue. Le contrôle des émissions des installations du CERN a indiqué des rejets effectifs nettement en dessous des limites réglementaires en 2015. Ce constat est confirmé par le programme de surveillance indépendant mis en oeuvre par l'OFSP autour du centre de recherche. Les mesures effectuées ont révélé, comme par le passé, la présence de traces sporadiques de certains radio-isotopes produits par les accélérateurs du CERN, notamment le ^{24}Na et l' ^{131}I dans l'air ou le ^{22}Na dans l'eau. En 2015 des traces de produits d'activation tels que ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{134}Cs et ^{152}Eu ont également été mesurées dans un échantillon de sol prélevé dans l'enceinte du CERN, sur le site de Meyrin. Cette terre provenait initialement d'une zone souterraine située à proximité d'une ligne de faisceau et certains de ces éléments ont été activés lors du fonctionnement des accélérateurs. La terre a été excavée lors de la réalisation de travaux, puis en partie remise à son emplacement initial. L'autre partie a été déposée ailleurs ce qui explique que ces radionucléides aient pu être mesurés dans un échantillon de sol prélevé à la surface. L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante est toutefois resté très faible. En effet, 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 2015, 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 indépendantes. 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 des substances radioactives, le tritium étant 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 le bilan de leurs

émissions à l'autorité de surveillance. En 2015, toutes les entreprises concernées ont respectées les valeurs limites pour les rejets fixées dans leur autorisation. L'OFSP met en œuvre un programme de surveillance spécifique pour contrôler les immisions autour de ces entreprises. Le tritium est ainsi analysé dans les précipitations, l'humidité de l'air et les eaux superficielles.

Les concentrations de tritium enregistrées en 2015 dans les précipitations au voisinage de l'entreprise Mb Microtec, à Niederwangen, se situent clairement dans la fourchette inférieure des valeurs observées par le passé. C'est toutefois 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 2015, soit une concentration maximale de 730 Bq/l. Cette valeur représente environ 6% de la valeur limite d'immissions fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection pour les eaux accessibles au public. Les concentrations de tritium mesurées en 2015 dans les échantillons hebdomadaires de précipitations de Teufen/AR, au voisinage de l'entreprise RC Tritec, confirment la baisse observée en 2014 et sont les plus faibles observées depuis le début de la surveillance (concentration maximale de 209 Bq/l et moyenne de 70 Bq/l).

Des échantillons de lait et de fruits et légumes ont également été prélevés au voisinage de l'entreprise Mb Microtec. Les résultats indiquent 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 9 et 16 Bq/l pour le lait (4 échantillons) et entre 8 et 45 Bq/l pour les 11 échantillons de fruits et légumes.

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

Héritages radiologiques

Suite à la découverte de déchets contaminés au radium lors de travaux effectués sur le site d'une ancienne décharge à Bienne (chantier de l'autoroute A5) et à la publication par les médias en juin 2014 d'une liste de sites potentiellement contaminés au radium (anciens ateliers horlogers et appartements utilisés pour du travail à domicile), l'OFSP a élaboré un plan d'action dans le but de régler le problème des héritages radiologiques liés à l'application de peinture luminescente au radium dans l'industrie horlogère entre 1920 et 1960. En mai 2015, le Conseil fédéral a approuvé ce Plan d'action radium 2015-2019. Les quatre axes principaux de ce plan sont la recherche historique des bâtiments potentiellement contaminés, les mesures de diagnostic

du radium dans ces bâtiments, la réalisation d'un assainissement en cas de dépassement de la limite de 1 milliSievert (mSv) par an et la surveillance des décharges pouvant contenir des déchets contaminés au radium. Dans les décharges en activité avant 1970 et autres sites identifiés comme potentiellement contaminés au radium, l'OFSP est chargé de mettre en place une surveillance radiologique appropriée et de garantir un suivi de la situation en particulier lorsque le site doit être assaini ou réhabilité. Ce volet du plan d'action est mis en œuvre en étroite collaboration avec l'OFEV ainsi que les communes et cantons concernés par ces sites. Ce volet spécifique du plan d'action radium débutera en 2016.

Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux

Les hôpitaux utilisent de l'¹³¹I pour le diagnostic et le traitement de maladies de la thyroïde, ainsi que d'autres radionucléides pour des applications diagnostiques et thérapeutiques. Les patients suivant une thérapie à l'iode et ayant reçu moins de 200 MBq (1 méga Bq = 10⁶ 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 ¹³¹I. Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d'¹³¹I sont parfois détectées, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection.

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 analysée par des mesures au corps entier et par des analyses de la teneur en ⁹⁰Sr dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Les mesures au corps entier réalisées aux hôpitaux universitaires genevois depuis près de 40 ans se sont poursuivies en 2015, mais celles-ci sont effectuées depuis 2014 sur des étudiant(e)s et non plus sur des collégiennes et collégiens comme par le passé. Les résultats de ces mesures ont montré des valeurs de ¹³⁷Cs inférieures à la limite de détection de 1 Bq/kg. Le ⁴⁰K naturel s'élève en

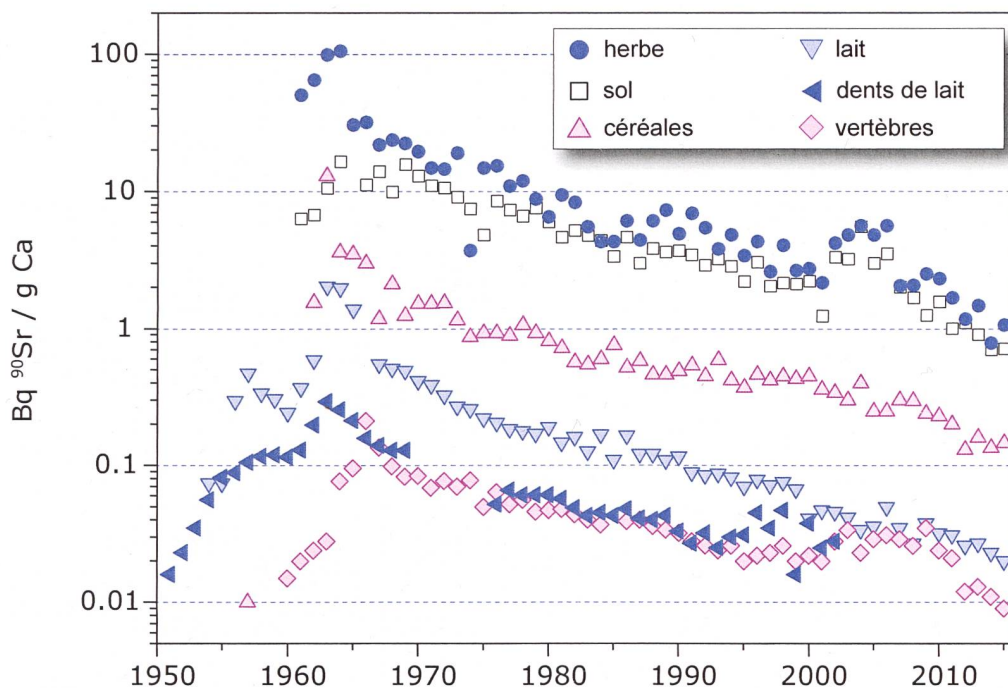


Figure 5:
 ^{90}Sr dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2015.

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 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 2015, 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. Même si les concentrations mesurées diminuent régulièrement depuis 1986, le ^{137}Cs est encore responsable des dépassements des valeurs limites observés dans la viande de certains sangliers chassés au 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}C dans les feuillages au voisinage des centrales nucléaires ou des isotopes de courte période tels que ^{24}Na et ^{131}I dans l'air au voisinage des centres de recherche), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux limites réglementaires. La surveillance mise en oeuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a montré une diminution du marquage de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) par ce radionucléide à proximité immédiate de ces entreprises par rapport aux années précédentes. Les concentrations enregistrées dans les précipitations ont ainsi atteint au maximum 6 % 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.