

**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:** - (2013)

**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 2013  
Résultats 2013



### 1

## Umweltüberwachung: Zusammenfassung

## Surveillance de l'environnement: Résumé

<b>1.1 Umweltüberwachung: Zusammenfassung</b>	<b>14</b>
Auftrag und Messprogramm	14
Ergebnisse der Umweltüberwachung 2013	15
Beurteilung	20
<b>1.2 Surveillance de l'environnement: Résumé</b>	<b>21</b>
Tâches et programme de mesures	21
Résultats de la surveillance 2013	22
Evaluation	27



# 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, denen die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist, 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, die sich auf Anlagen bezieht, 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 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

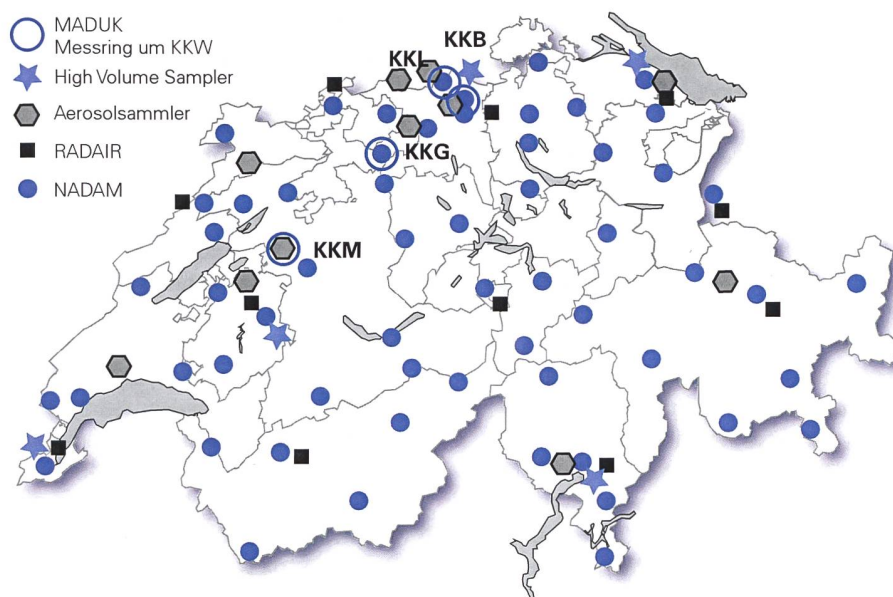
und den Kantonen. Es koordiniert dieses Überwachungsprogramm, an dem auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulinstitute beteiligt sind. Die Liste der am Überwachungsprogramm beteiligten Laboratorien findet sich in den Anhängen 1 und 2. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und 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 Lebensmit-



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

teln (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](http://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.

## Ergebnisse der Umweltüberwachung 2013

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

Die Resultate 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 Aerosol-Filtern (für online-Resultate siehe [www.bag.admin.ch/ura](http://www.bag.admin.ch/ura)) zeigen hauptsächlich kosmogenes  $^7\text{Be}$  sowie  $^{210}\text{Pb}$  und weitere Radonfolgeprodukte. Bei den Niederschlägen ist die Radioaktivität vorwiegend auf  $^7\text{Be}$  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.

Auch im Erdboden dominieren die natürlichen Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie das Kalium-40. Die künstlichen Isotope aus den Ablagerungen 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  $^{137}\text{Cs}$  (siehe Figur 2) und  $^{90}\text{Sr}$  immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie  $^{239}\text{Pu}$  und  $^{240}\text{Pu}$  sowie  $^{241}\text{Am}$  treten im Erdboden nur in sehr geringen Spuren auf.

In Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche  $^{40}\text{K}$ . Künstliche Radionuklide wie  $^{137}\text{Cs}$  oder  $^{90}\text{Sr}$  (siehe Figur 4), die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind im Gras nur noch in Spuren vorhanden. Die regionale Verteilung ist dabei ähnlich wie für den Boden. Die Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten von künstlichen Radioisotopen. Bei der Kuhmilch lag der  $^{137}\text{Cs}$  Gehalt meist unter der Nachweisgrenze von ca. 0.2 bis 1 Bq/l. Nur 3 von 79 Proben, zwei aus dem Kanton Tessin und eine aus dem Kanton Graubünden, zeigten eine  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität von mehr als 2 Bq/l. Bei den beiden Proben aus dem Tessin lag die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität nahe am Toleranzwert, der für dieses Radionuklid in der Milch mit 10 Bq/l festgelegt ist. Das Tessin war ja die vom Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffene Gegend der Schweiz, was erklärt, warum das  $^{137}\text{Cs}$  auch mehr als 25 Jahre nach dem Unfall noch messbar ist. Die  $^{90}\text{Sr}$ -Gehalte der

untersuchten Milchproben sind mit einem Maximum von 0.19 Bq/l alle unterhalb des Toleranzwertes von 1 Bq/l geblieben.

Gewisse einheimische Wildpilze - zum Beispiel Zigeuner (Reifpilz) - können immer noch erhöhte Gehalte von  $^{137}\text{Cs}$  aufweisen. Im Berichtsjahr wurden im Tessin zwei Überschreitungen des Toleranzwertes von 600 Bq/kg für Radiocäsium in Wildpilzen festgestellt.

Aufgrund von Berichten aus Italien und Deutschland hat der Kanton Tessin beschlossen, für die Jagdsaison 2013/2014 Triagemessungen von  $^{137}\text{Cs}$  an allen erlegten Wildschweinen durchzuführen. In Zusammenarbeit mit dem BAG wurden an den Tieren vor Ort Dosisleistungsmessungen durchgeführt, welche es erlaubten die unkontaminierten Tiere für den Konsum freizugeben. Sechs Prozent der 470 im September erlegten Tiere zeigten aber  $^{137}\text{Cs}$  Aktivitäten über dem FIV-Grenzwert von 1250 Bq/kg für Wildfleisch und wurden konfisziert.

Nach dem Reaktorunfall in Fukushima hat die Schweiz gleich wie die Europäische Union ein Programm für die Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan aufgestellt. Rund 110 Proben von Saucen, Ölen, Getreide, Teigwaren, Algen und Tee wurden 2013 im Auftrag des BAG oder direkt von den kantonalen Laboratorien untersucht. In 3 Tees (von 50) konnten Spuren von  $^{134}\text{Cs}$  nachgewiesen werden, was eindeutig eine Kontamination durch die Reaktorkatastrophe in Fukushima anzeigt. Eine Toleranzwertüberschreitung für die Cäsiumisotope

wurde aber weder in den Teeproben noch in den anderen Lebensmitteln festgestellt.

Lebensmittelimporte aus anderen Ländern wurden - wie jedes Jahr - ebenfalls von den Kantonalen Laboratorien analysiert. Meist handelte es sich dabei um Proben von Wildbeeren, Honig, Wildfleisch und Wildpilzen - alles Lebensmittel die bekannt dafür sind  $^{137}\text{Cs}$  anzureichern. Zwei Heidelbeerenproben aus Europa zeigten  $^{137}\text{Cs}$  Werte (133 bzw. 158 Bq/kg Frischgewicht) oberhalb des Toleranzwertes, der für dieses Radioisotop in Wildbeeren mit 100 Bq/kg festgelegt ist. Der Toleranzwert für  $^{90}\text{Sr}$  (1 Bq/kg) wurde in Heidelbeerenproben dreimal überschritten.

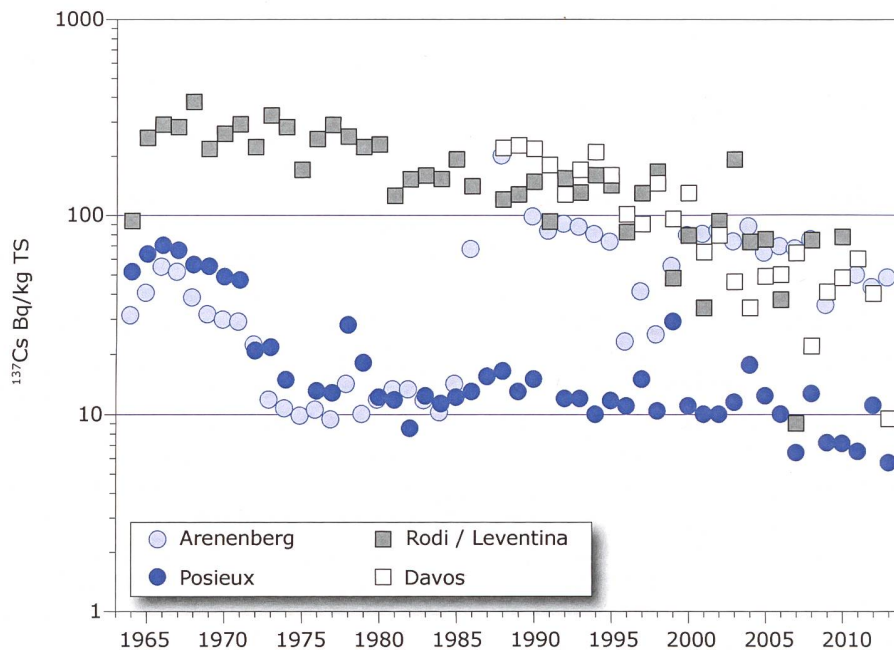
Insgesamt sind also die wenigen 2013 in der Schweiz festgestellten Toleranzwertüberschreitungen in Lebensmittel (einheimische und importierte), auch mehr als 25 Jahre danach, noch immer eine Folge des Reaktorunfalles in Tschernobyl.

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 regelmäs-

1.1 Umweltüberwachung: Zusammenfassung - @BAG 2014



**Figur 2:**  $^{137}\text{Cs}$  (in Bq/kg Trockenmasse) in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964-2013).

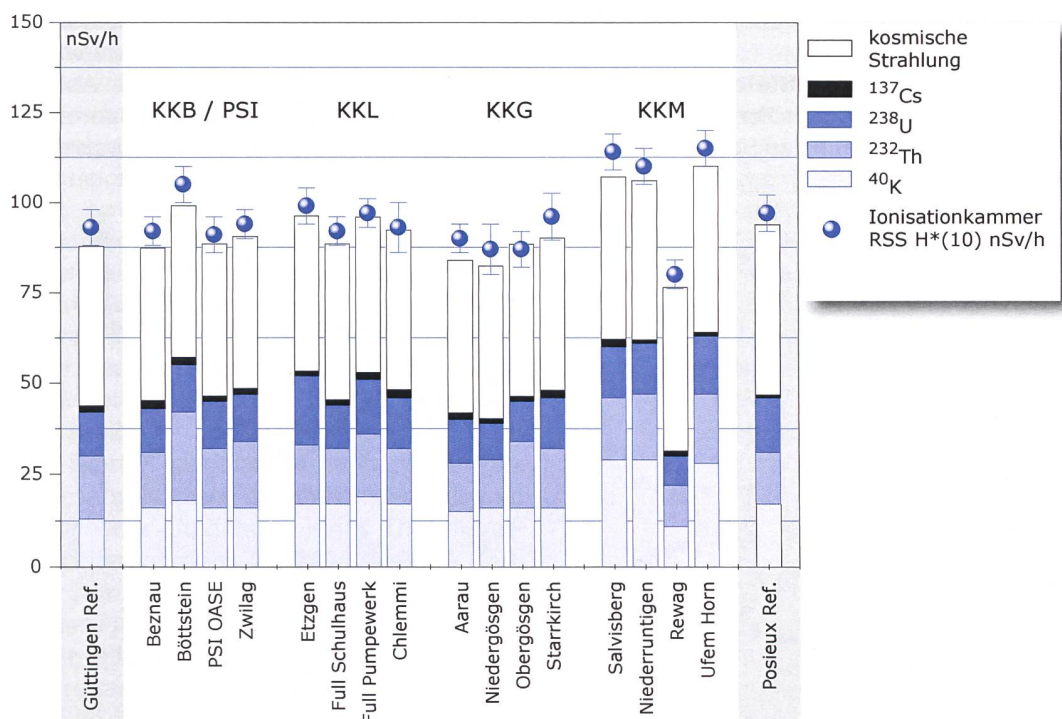
sig durch parallele Messungen von Betreibern, ENSI und BAG an Aerosol- und Iodfiltern sowie Abwasserproben überprüft. Die verschiedenen Kontrollen haben bestätigt, dass die schweizerischen Kernkraftwerke die Jahres- und Kurzzeitabgabengrenzwerte 2013 eingehalten haben.

An einigen Stellen der Arealzäune der Kernkraftwerke Leibstadt und Mühleberg ist Direktstrahlung aus dem Werk messbar. In Mühleberg etwa zeigt die Auswertung der am Zaun angebrachten Dosimeter für die jährliche Umgebungsdosis Werte von bis zu 0.9 mSv (nach Abzug des natürlichen Untergrundes von 0.7 mSv/Jahr). Damit ist beim KKW Mühleberg, gleich wie bei den anderen Kernkraftwerken, der Immissionsgrenzwert für Direktstrahlung 2013 eingehalten. Hier ist zu beachten, dass die Dosimeter am Zaun die Ortsdosis messen und nicht Personendosen. 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 2013 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 <sup>14</sup>C im Laub. Die maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation betrug 146 Promille (in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt). Zur Orientierung: Eine zusätzliche <sup>14</sup>C-Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Mikrosievert führen. In den Flüssen sind die Auswirkungen der flüssigen Abgaben der Kernkraftwerke vor allem im Wasser, in den Sedimenten und den Wasserpflanzen der Aare bei Hagneck flussabwärts von Mühleberg messbar. Dies betrifft hauptsächlich die Isotope <sup>58</sup>Co, <sup>60</sup>Co und <sup>54</sup>Mn. Im Oktober und November 2013 wurden erhöhte Werte von <sup>60</sup>Co und <sup>54</sup>Mn im Aarewasser bei Hagneck gemessen, die nicht direkt mit einer Abgabe aus dem KKW Mühleberg in Verbindung gebracht werden können. Der wahrscheinliche Grund dafür sind Arbeiten am Kanal, bei welchen Sediment resuspendiert wurde und damit bereits abgelagerte Radioisotope wieder ins Wasser gelangten.

Die Monatsmittelwerte für Tritium in der Aare und im Rhein blieben meist unter der Nachweisgrenze von 2 Bq/l mit Ausnahme der Monate April und Mai



**Figur 3:** Beiträge zur Ortsdosis ( $H^*(10)$ ) durch die verschiedenen Radionuklide, die vom BAG 2013 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.

wo 8 Bq/l in der Aare und 3-4 Bq/l im Rhein gemessen wurden. Die Messungen zur Radioaktivität in den Lebensmitteln zeigten keinen Einfluss der Kernkraftwerke.

Die Tritium-Messungen von Proben aus dem Drainagewasser des ehemaligen Kernkraftwerkes Lucens, welches 2012 intensiver überwacht wurde, zeigten im Berichtsjahr keine erhöhten Werte mehr.

Wie die Figur 3 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 ( $^{137}\text{Cs}$ ).

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 die 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 und 8.1 - 8.5.

**$^{137}\text{Cs}$  in den Sedimenten des Bielersees**

Im Januar 2013 veröffentlichten Forscher der Universität Genf eine Untersuchung zu Sedimentkernen

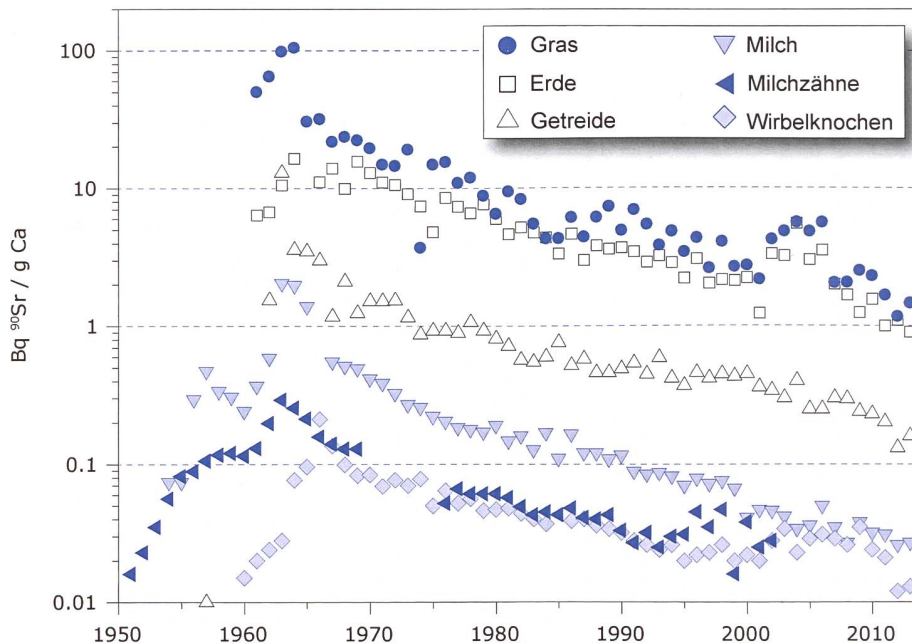
aus dem Bielersee und berichteten über leicht erhöhte  $^{137}\text{Cs}$ -Gehalte in Sedimentschichten, die sich um das Jahr 2000 abgelagert hatten. Im Sommer 2013 entnahmen die Eawag und das LABOR SPIEZ weitere Sedimentkerne aus dem Bielersee und bestätigt die Existenz dieser  $^{137}\text{Cs}$ -Spitze, welche weniger als 3% des Gesamteintrages von  $^{137}\text{Cs}$  im Sediment ausmacht und in dieser Grössenordnung mit den publizierten Abgaben von 1999 aus dem KKW Mühleberg übereinstimmt. Über den gesamten Zeitraum (1950-2013) betrachtet, hatte etwas mehr als die Hälfte des  $^{137}\text{Cs}$  im Bielersee-Sediment seinen Ursprung in den Atomwaffentests der frühen 60-er Jahren. Das KKW Mühleberg ist für knapp einen Drittel des gesamten im See abgelagerten  $^{137}\text{Cs}$  verantwortlich. Der Rest (rund ein Achtel) ist dem Reaktorunfall in Tschernobyl zuzuordnen. Neben  $^{137}\text{Cs}$  wurde an einigen der Sedimentkerne auch Plutonium gemessen. Die Verteilung des Plutoniums im Bielersee-Sediment zeigt, dass dieses Radionuklid ausschliesslich vom radioaktiven Ausfall nach den oberirdischen Atomwaffentests in den frühen 60-er Jahren stammt.

Ausführliche Informationen in Kapitel 4.5.

**Überwachung der Forschungszentren**

Beim CERN hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2013 deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten lagen. Das Jahr 2013 war ein spezielles Jahr in Bezug auf die Beschleuniger, denn sie waren lediglich während fünf Wochen in Betrieb. Ab Ende Februar und für den ganzen Rest des Jahres standen die Installationen still, weil Unterhaltsarbeiten durch-

1.1 Umweltüberwachung: Zusammenfassung - @BAG 2014



**Figur 4:**  $^{90}\text{Sr}$  in verschiedenen, zwischen 1950 und 2013 entnommenen Proben (logarithmische Skala).

geführt werden mussten. Das unabhängige Überwachungsprogramm des BAG in der Umgebung des Forschungszentrums wurde dennoch wie geplant durchgeführt. Die Messergebnisse zeigten vereinzelt Spuren der Radionuklide, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden, namentlich  $^{24}\text{Na}$  und  $^{131}\text{I}$  in der Luft und  $^{22}\text{Na}$  im Wasser. Die Strahlenbelastung durch das CERN für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung bleibt gering.

Die Strahlendosis für die Bevölkerung in der Umgebung des PSI darf 0.15 mSv/Jahr nicht übersteigen. Im Jahr 2013 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 2013 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.

In der Umgebung der Firma mb-Microtec in Niederwangen wurden im Jahr 2013 deutlich tiefere Tritiumkonzentrationen im Niederschlag gemessen als in den vorherigen Jahren. Der Mittelwert für die am stärksten beeinflusste Messstation (Firma Schär) war beispielsweise 2013 (246 Bq/l) nur halb so hoch wie 2012. Der höchste Wert (620 Bq/l) an der gleichen Station war dreimal tiefer als im Vorjahr. Die insgesamt höchste Tritiumkonzentration im Niederschlag in der Umgebung eines Tritium-verarbeitendes Unternehmens lag 2013 bei 680 Bq/l. Dieser Wert wurde in Teufen/AR in unmittelbarer Umgebung der Firma RC Tritec und entspricht 6 % des in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Immissionsgrenzwertes für öffentlich zugängliche Gewässer.

In der Umgebung der Firma mb-microtec wurden auch Proben von Milch sowie von verschiedenen Früchten und Gemüsen 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 10 bis 44 Bq/l für Milch (5 Stichproben), zwischen 15 und 111 Bq/l für neun Proben von Äpfeln und Gurken.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 5, 9.1 und 9.3.

### **Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern**

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen  $^{131}\text{I}$  verwendet, in geringeren Mengen kommen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken auch andere Radionuklide 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 bewilligten Immissionsgrenzwerte an die Umwelt abgegeben. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf  $^{131}\text{I}$  untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von  $^{131}\text{I}$  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 <sup>90</sup>Sr-Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen. Die jährlich durchgeführten Ganzkörpermessungen an Schülerinnen und Schülern in Genf konnten im Jahr 2013 nicht durchgeführt werden; die Messserie wird aber 2014 fortgesetzt. Die letzten 5 Jahren ergaben stets <sup>137</sup>Cs-Werte, die unter der Nachweisgrenze von 1 Bq/kg lagen. Für das natürliche <sup>40</sup>K hingegen wurden Werte von rund 57 Bq/kg bei den Frauen und 70 Bq/kg bei den Männern gemessen. Die <sup>90</sup>Sr-Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen lag bei einigen Hundertstel Bq/g Kalzium (Figur 4). Strontium wird vom menschlichen Körper ebenso wie Kalzium in Knochen und Zähnen eingelagert. Die Wirbelknochen werden als Indikator für die Kontamination des Skeletts herangezogen, weil diese Knochen eine besonders ausgeprägte Schwammstruktur aufweisen und rasch Kalzium über das Blutplasma austauschen. An Wirbelknochen von im laufenden Jahr verstorbenen Personen lässt sich das Ausmass der Kontamination der Nahrungskette mit <sup>90</sup>Sr eruieren. Die Milchzähne wiederum bilden sich in den Monaten vor der Geburt und während der Stillphase. Der Strontiumgehalt wird gemessen, wenn der Milchzahn von selbst ausfällt. Er gibt im Nachhinein einen Anhaltspunkt darüber, wie stark die Nahrungskette der Mutter zum Zeitpunkt der Geburt des Kindes kontaminiert war. Die in den Milchzähnen gemessenen Strontiumwerte (Figur 4) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven zu den Milchzähnen und zur Milch beinahe parallel verlaufen.

Für weiterführende Informationen siehe Kapitel 6.1 und 6.2.

### Beurteilung

#### Strahlenrisiko durch künstliche Radioaktivität in der Umwelt klein geblieben

In der Schweiz lagen 2013 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 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 <sup>137</sup>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 Grenzwertüberschreitungen im Fleisch einiger im Tessin erlegter Wildschweine sowie für die wenigen Toleranzwertüberschreitungen die 2013 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 <sup>14</sup>C in Blättern oder Kobaltisotope in Wasser und Sedimenten in der Umgebung von Kernkraftwerken. Die Abgaben, welche diese Spuren in der Umwelt hinterlassen haben sind aber deutlich unterhalb der bewilligten Mengen und sie haben auch zu keinen Immissionsgrenzwertüberschreitungen geführt.

Die Überwachung der Tritium-verarbeitenden Industrien zeigt, dass deren Einfluss auf die Umwelt (Regen und Lebensmittel) deutlich geringer ist, als in früheren Jahren. Auch hier wurden die Grenzwerte eingehalten. 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, 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-

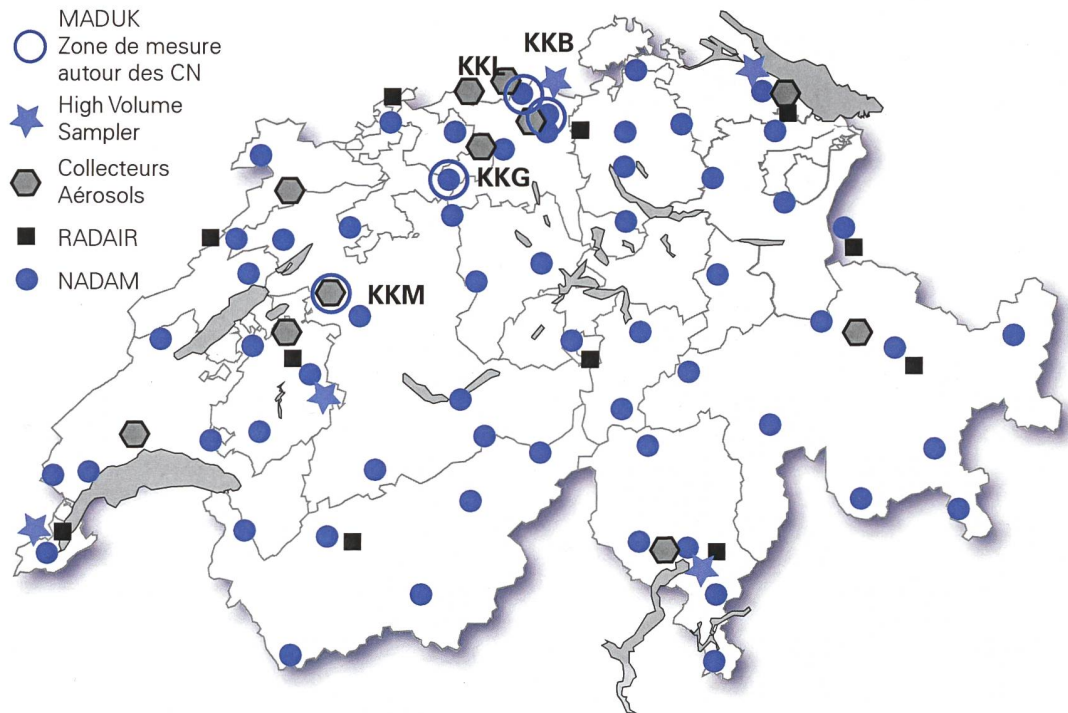
laboration avec l'IFSN, la SUVA et les cantons. Il coordonne ce programme de surveillance, auquel participent également d'autres laboratoires de la Confédération et divers instituts universitaires. La liste complète des laboratoires participant au programme de surveillance figure dans les annexes 1 et 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. Depuis 2010, des échantillons en provenance de centrales laitières et de grands distributeurs de lait de toute la Suisse ont également été ajoutés au plan de prélèvement. 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 sédi-



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

ments, 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. Un choix de résultats est disponible sur Internet: [www.bag.admin.ch/ura](http://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.

## Résultats de la surveillance 2013

### 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 2013 sont restés conformes 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, qui sont disponibles sur Internet ([www.bag.admin.ch/ura](http://www.bag.admin.ch/ura)), ont ainsi montré que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels tels que le

$^7\text{Be}$  cosmogénique, ainsi que le  $^{210}\text{Pb}$  et d'autres produits de filiation du radon. Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au  $^7\text{Be}$  ainsi qu'au tritium, tous deux produits par le rayonnement cosmique. Pour le tritium, un apport artificiel par les rejets des centrales nucléaires et de certaines industries est également mesurable en différents endroits (voir paragraphes 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  $^{40}\text{K}$ . Les isotopes artificiels proviennent des dépôts atmosphériques et montrent des différences régionales, liées aux particularités des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées pour le  $^{137}\text{Cs}$  (voir fig. 2) et le  $^{90}\text{Sr}$  sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le  $^{239}\text{Pu}$  et le  $^{240}\text{Pu}$  et l' $^{241}\text{Am}$ , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

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

laire 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  $^{137}\text{Cs}$  est généralement restée inférieure à la limite de détection d'env. 0.2 à 1 Bq/l. Seuls 3 échantillons, deux en provenance du Tessin et un prélevé aux Grisons, sur les 79 analysés en 2013 ont présenté une concentration de  $^{137}\text{Cs}$  supérieure à 2 Bq/l. L'activité du  $^{137}\text{Cs}$  dans les deux échantillons du Tessin était proche de la valeur de tolérance, fixée à 10 Bq/l pour ce radionucléide dans le lait. Rappelons que cette région a été l'une des plus touchées de Suisse par les retombées radioactives consécutives à l'accident de Tchernobyl, ce qui explique que le  $^{137}\text{Cs}$  y soit toujours mesurable dans certains échantillons plus de 25 ans après l'accident. Avec une valeur maximale de 0.19 Bq/l, les teneurs en  $^{90}\text{Sr}$  enregistrées dans les 55 échantillons de lait analysés en 2013 sont toutes restées bien inférieures à la valeur de tolérance fixée à 1 Bq/l pour ce radionucléide.

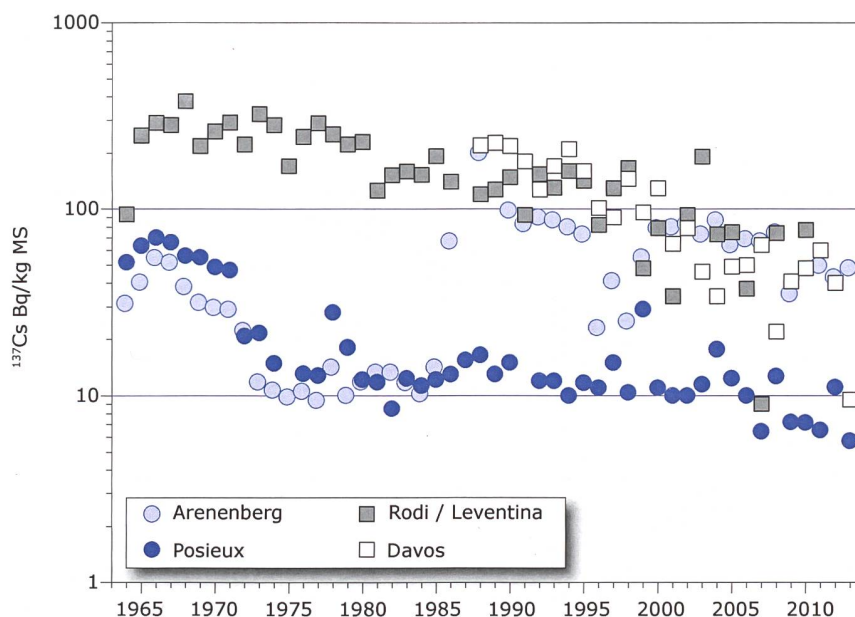
Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bails et les pholiotas ridés présentent toujours des valeurs accrues de  $^{137}\text{Cs}$ . C'est ainsi que le laboratoire du Tessin a constaté deux dépassements de la valeur de tolérance, fixée à 600 Bq/kg pour le césium dans les champignons sauvages, en 2013, un pour chaque type de champignons mentionné plus haut.

Suite à l'annonce par l'Allemagne et l'Italie de valeurs anormalement élevées enregistrées pour le  $^{137}\text{Cs}$  dans la viande de sanglier, le canton du Tessin

a pris la décision de mettre en place, en collaboration avec l'OFSP, une procédure de tri sur place de tous les sangliers abattus au cours de la saison de chasse 2013/2014, à l'aide d'un instrument dosimétrique, afin que le vétérinaire puisse autoriser leur consommation. 6% des 470 sangliers chassés au mois de septembre présentaient des activités de  $^{137}\text{Cs}$  dans la viande supérieures à la valeur limite fixée dans l'OSEC à 1250 Bq/kg et ont été confisqués.

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 d'épices, de sauces, d'huiles, de céréales, de pâtes, d'algues et de thés ont ainsi été analysés sur mandat de l'OFSP ou directement par les laboratoires cantonaux en 2013. Si des traces de  $^{134}\text{Cs}$ , indiquant un marquage par des contaminations radioactives consécutives à l'accident de Fukushima, ont pu être décelées dans 3 échantillons de thé d'origine japonaise, parmi les 50 analysés, aucun dépassement de la valeur de tolérance pour les isotopes du Césium n'a été enregistré dans les échantillons de denrées alimentaires 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 myrtilles, les miels, la viande de chasse et les champignons sauvages, qui sont connus pour



**Figure 2:**  $^{137}\text{Cs}$  (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964-2013).

accumuler davantage le <sup>137</sup>Cs. Deux échantillons de myrtilles en provenance d'Europe de l'Est présentaient des activités spécifiques en <sup>137</sup>Cs (133, resp. 158 Bq/kg de poids frais) supérieure à la valeur de tolérance fixée à 100 Bq/kg pour ce radionucléide dans les myrtilles. Trois dépassements de la valeur de tolérance pour le <sup>90</sup>Sr (1 Bq/kg) ont par ailleurs été constatés dans ce type d'échantillons.

Ainsi, les quelques dépassements des valeurs de tolérance constatés en 2013 dans les denrées alimentaires (indigènes ou importés) sont, plus de 25 ans après sa survenue, toujours liées à l'accident de Tchernobyl.

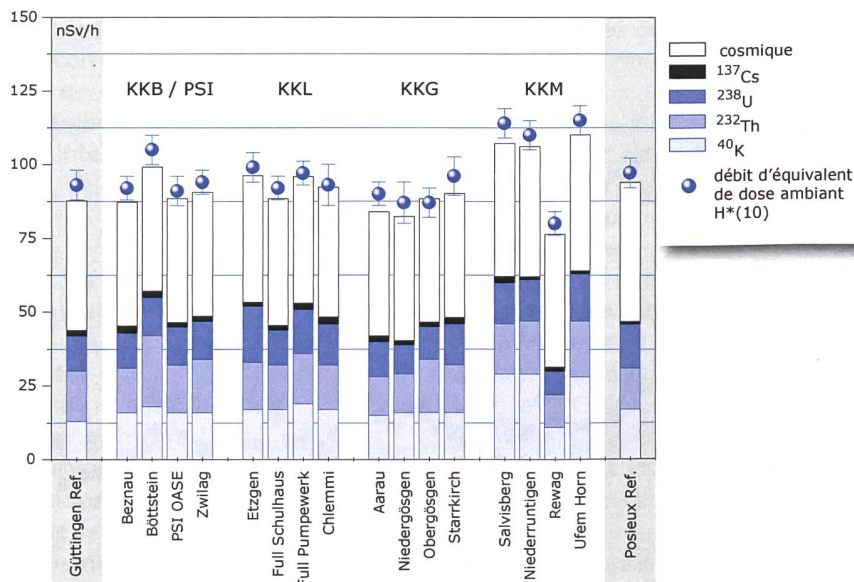
Pour les informations détaillées, se référer aux chapitres 4, 5 et 7.2

### 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 2013.

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 0.9 mSv (après soustraction du bruit de fond naturel qui s'élève à 0.7 mSv/an). La valeur limite d'immission pour le rayonnement direct a toutefois été respectée par toutes les installations en 2013. 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 2013 (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 <sup>14</sup>C dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 146 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt). A titre indicatif, notons qu'une activité supplémentaire de 100 pour mille de <sup>14</sup>C dans les denrées alimentaires induit une dose annuelle supplémentaire de l'ordre de 1 micro-Sv. Dans les rivières, l'impact des rejets liquides des centrales nucléaires, principalement le



**Figure 3:** Contributions individuelles à l'exposition ambiante (H\*(10)) attribuables aux différents radionucléides présents sur les sites examinés par l'OFSP en 2013 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.

$^{58}\text{Co}$ , le  $^{60}\text{Co}$  et le  $^{54}\text{Mn}$  provenant majoritairement de la centrale nucléaire de Mühleberg, se mesure essentiellement dans les eaux, les sédiments et certaines plantes aquatiques prélevés dans l'Aar, à Hagneck, en aval de Mühleberg. Il est à relever qu'en octobre et novembre 2013, les valeurs mesurées pour le  $^{60}\text{Co}$  dans les échantillons d'eau de l'Aar, prélevés à Hagneck, étaient supérieures à celles attendues sur la base des rejets effectifs de la centrale. Ce phénomène est probablement dû à des travaux réalisés dans le canal de Hagneck qui ont eu pour conséquence la remise en suspension dans l'eau de particules sédimentées. 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 d'avril et mai où des concentrations mensuelles moyennes de 8 Bq/l ont été enregistrées dans l'Aar, respectivement de 3-4 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 3, les résultats des mesures environnementales effectuées au voisinage des installations nucléaires ne se distinguent pas de ceux enregistrés dans les endroits situés hors de 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 ( $^{137}\text{Cs}$ ).

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

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

#### **$^{137}\text{Cs}$ dans les sédiments du lac de Bienne**

Des chercheurs de l'université de Genève ont publié, en janvier 2013, les résultats des analyses détaillées d'une carotte de sédiments prélevée dans le lac de Bienne et ont rapporté que des quanti-

tés légèrement plus élevées de  $^{137}\text{Cs}$  se sont déposées dans le lac aux environs de l'année 2000. En été 2013, l'Eawag et le LABORATOIRE SPIEZ ont prélevé d'autres carottes de sédiments dans le lac de Bienne et ont confirmé l'existence d'un «pic» de  $^{137}\text{Cs}$  pouvant être attribué aux rejets déclarés par la centrale nucléaire de Mühleberg en 1999 et publiés dans le rapport OFSP. Les apports de  $^{137}\text{Cs}$  de 1999 représentent moins de 3% des apports totaux de  $^{137}\text{Cs}$ . Sur l'ensemble de la période (à savoir de 1950 à 2013), on peut considérer qu'environ la moitié du  $^{137}\text{Cs}$  présent dans les sédiments du lac de Bienne a pour origine les retombées des essais d'armes atomiques en atmosphère réalisés au début des années 60. La centrale nucléaire de Mühleberg est responsable d'un petit tiers du  $^{137}\text{Cs}$  déposé dans les sédiments du lac. Le reste (à savoir environ un huitième) provient de l'accident nucléaire de Tchernobyl. En plus de la mesure du  $^{137}\text{Cs}$ , des analyses du plutonium ont également été réalisées dans certaines carottes de sédiments. La répartition du plutonium montre que la présence de ce radionucléide dans le lac de Bienne est exclusivement due aux retombées des essais nucléaires atmosphériques des années 60.

Pour les informations détaillées, se référer au chapitre 4.5.

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

Le contrôle des émissions des installations du CERN a indiqué des rejets effectifs nettement en dessous des limites réglementaires en 2013. Il est par ailleurs à noter que 2013 a été une année particulière en termes d'exploitation des accélérateurs. En effet ils n'ont été en fonction que durant une courte période de 5 semaines. Dès la fin février et pour tout le reste de l'année 2013, les installations ont été mises à l'arrêt pour effectuer des travaux de maintenance. Le programme de surveillance indépendant mené par l'OFSP autour du centre de recherche a toutefois été poursuivi comme par le passé. Sans surprise, aucune trace de radionucléides artificiels produits par les accélérateurs du CERN, comme le  $^{24}\text{Na}$  ou l' $^{131}\text{I}$  dans l'air ou le  $^{22}\text{Na}$  dans l'eau, n'a pu être détectée. L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante est ainsi resté très faible en 2013.

La dose d'irradiation reçue par la population vivant au voisinage du PSI ne doit pas excéder, au total, 0.15 mSv/an. En 2013, 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 précipi-

tations, 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**

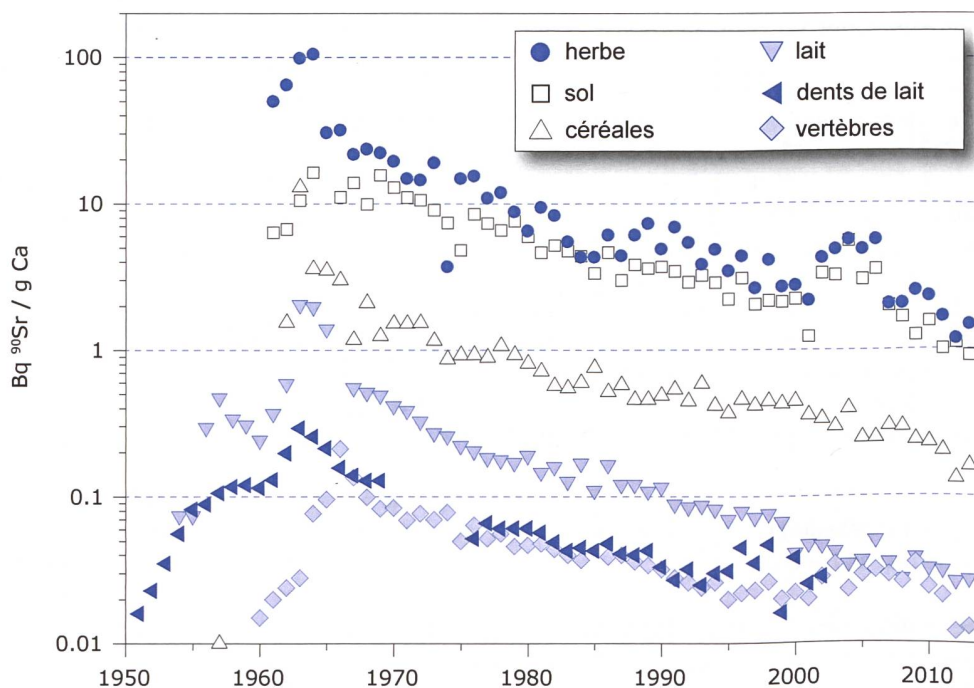
Certaines entreprises industrielles utilisent également des substances radioactives. Le tritium est le radionucléide le plus utilisé dans ce domaine en Suisse. Certaines industries ont par exemple recours au tritium pour la fabrication de sources lumineuses au gaz de tritium ou pour la production de marqueurs radioactifs au tritium pour la recherche. Ces entreprises sont tenues de communiquer à l'autorité de surveillance le bilan de leurs émissions. En 2013, 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 immissions 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 2013 dans les précipitations du voisinage de l'entreprise Mb Microtec, à Niederwangen, sont nettement inférieures à celles observées au cours des années précédentes. La valeur moyenne 2013 (246 Bq/l) des concentrations de tritium des échantillons provenant de la station de collecte «Firma Schär», là où le marquage en tritium est le plus important, a par exemple diminué de moitié par rapport à 2012, la valeur maximale (620 Bq/l) d'un facteur 3. La concentration maximale enregistrée en 2013 dans les précipitations collectées dans les environs d'une entreprise utilisatrice de tritium s'est élevée à 680 Bq/l. Cette valeur, mesurée à Teufen/AR, à proximité immédiate de l'entreprise RC Tritec, représente environ 6% de la valeur limite d'immissions fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection pour les eaux accessibles au public.

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 10 et 44 Bq/l pour le lait (5 échantillons) et entre 15 et 111 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

1.2 Surveillance de l'environnement: Résumé - @OFSP 2014



**Figure 4:** <sup>90</sup>Sr dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2013.

**Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux**

Les hôpitaux utilisent de l' $^{131}\text{I}$  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 =  $10^6$  Bq) en ambulatoire peuvent quitter l'hôpital après la thérapie. Les patients ayant reçu plus de 200 MBq doivent être isolés dans des chambres spéciales pendant les premières 48 heures au moins suivant le traitement. Les excréments de ces patients sont collectés dans des cuves de décroissance dédiées au contrôle des eaux usées et ne sont rejetées dans l'environnement qu'après diminution de leur activité en dessous des valeurs limites d'immissions. Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, des échantillons d'eaux usées sont prélevés chaque semaine dans les stations d'épuration des grandes agglomérations et analysés afin de déterminer leur concentration en  $^{131}\text{I}$ . Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d' $^{131}\text{I}$  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 recensée par des mesures au corps entier et par des analyses de la teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Les mesures au corps entier habituellement réalisées sur des collégiennes et collégiens de Genève n'ont malheureusement pas pu être effectuées en 2013 mais se poursuivront en 2014. Les résultats obtenus au cours des 5 dernières années ont toujours montré des valeurs de  $^{137}\text{Cs}$  inférieures à la limite de détection de 1 Bq/kg. Le  $^{40}\text{K}$  naturel s'élève en moyenne à environ 57 Bq/kg chez les femmes et à 70 Bq/kg chez les hommes. La teneur en  $^{90}\text{Sr}$  dans les vertèbres et les dents de lait n'est plus aujourd'hui que de quelques centièmes de Bq/g de calcium (figure 4). 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  $^{90}\text{Sr}$ . Quant à la formation des dents de lait, elle débute, dans les mois précédant la naissance et se poursuit durant la période d'allaitement. La mesure du strontium s'effectue lorsque la dent de lait tombe

d'elle-même. Elle donne une indication rétroactive de la contamination de la chaîne alimentaire de la mère à l'époque de la naissance de l'enfant. Les valeurs de strontium mesurées dans les dents de lait (figure 4) sont donc répertoriées en fonction de l'année de naissance de l'enfant. Ceci explique que les courbes relatives aux dents de lait et au lait montrent une évolution pratiquement parallèle.

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

**Evaluation****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 2013, comme les années précédentes, nettement inférieures aux limites légales; le risque sanitaire correspondant peut donc être considéré comme faible.

Il existe des différences régionales de répartition de la radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement. Si la radioactivité naturelle est essentiellement influencée par la géologie, la part de radioactivité artificielle, comme conséquence des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, est, elle aussi, distribuée de manière inhomogène sur le territoire suisse. Le  $^{137}\text{Cs}$  radioactif de Tchernobyl a par exemple principalement été déposé au Tessin où il est encore présent dans de nombreux échantillons, ainsi que, dans une moindre mesure, sur les reliefs jurassiens et dans certaines parties du nord-est de la Suisse. Les concentrations mesurées diminuent régulièrement depuis 1986, mais 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 2013 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  $^{14}\text{C}$  dans les feuillages ou les isotopes du cobalt dans les eaux et les sédiments au voisinage des centrales nucléaires), les rejets qui en sont à l'origine sont nettement inférieurs aux valeurs au-



torisées et n'ont entraîné aucun dépassement des valeurs limites d'immissions. 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.