

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: - (2009)

Rubrik: Radon

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.04.2026

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 2009
Résultats 2009



10 Radon

10.1 Radon	154
Einführung	154
Messungen und Kartierung	155
Bauliche Vorschriften	156
Sanierungsprogramme	156
Ausbildung	157
Kommunikation	157
Schlussfolgerungen	158
10.2 Radon	159
Introduction	159
Mesures et cartographie	160
Prescription de construction	161
Programmes d'assainissement	161
Formation	162
Communication	162
Conclusion	162
10.3 Begründung für die Erhöhung der mittleren Dosis im Zusammenhang mit der Radonbelastung der Schweizer Bevölkerung	163
10.4 Justification de l'augmentation de la dose moyenne associée à l'exposition de la population suisse au radon	165



10.1 Radon

Christophe Murith, Diana Diessa, Martha Gruson

Radiologische Risiken, Abteilung Strahlenschutz, Schwarzenburgstrasse 165, 3003 Bern

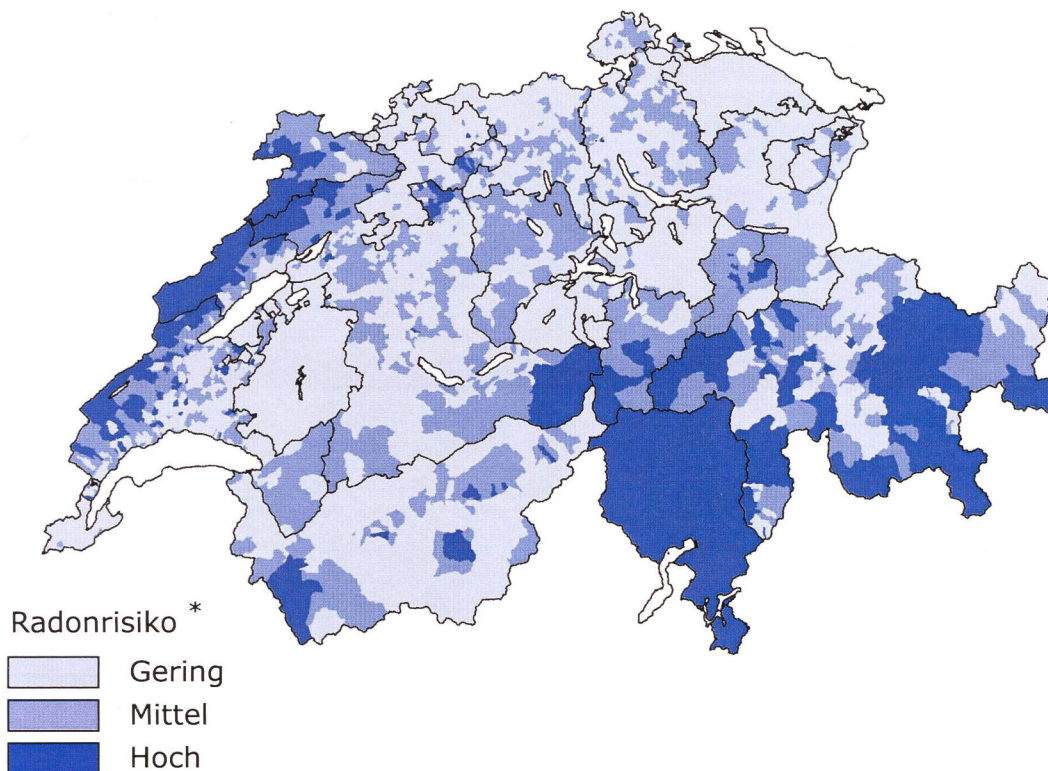
Einführung

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat neue Richtlinien im Zusammenhang mit der Radonbelastung in Wohnräumen publiziert (WHO Handbook on Indoor Radon, 2009), wobei ein Referenzwert von 100 Bq/m^3 empfohlen wird, was einem Zehntel des in der Schweiz geltenden Grenzwerts entspricht. Damit soll das Risiko, wonach durch die Radonbelastung in Wohn- und Aufenthaltsräumen Lungenkrebs ausgelöst wird, auf ein Minimum beschränkt werden. Wenn dieser Referenzwert nicht erreicht werden kann, sollte die Belastung zumindest 300 Bq/m^3 nicht überschreiten, was gemäss einem neuen Bericht der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) etwa 10 mSv pro Jahr entspricht (ICRP-Bericht 2009 : www.icrp.org/icrp_radon.asp). Die ICRP bestätigt somit eine Risikozunahme um rund einen Faktor 2. Zudem sind dosimeterische Berechnungen im Gange, um die interne Exposition, die auf die Radoninhalation zurückzuführen ist, nach derselben Methodologie wie die anderen Radionuklide genauer zu ermitteln. Wenn man von einer Verdoppelung des Risikos ausgeht, steigt die durchschnittliche «Radondosis» für die Schweizer Bevölkerung von 1.6 mSv auf etwa 3.2 mSv pro Jahr . Die genaue Berechnung mittels des neuen Faktors der ICRP für die Exposition in Wohn- und Arbeitsräumen wird in Kapitel 10.3 dargelegt.

Der Referenzwert von 300 Bq/m^3 ist ausserdem im Endprojekt der Basic Safety Standards (BSS) der Europäischen Union enthalten.

In jüngerer Zeit wurden zahlreiche Studien zur Schätzung des Lungenkrebsrisikos bei einer langfristigen Radonbelastung in Wohnräumen durchgeführt. Die Referenzstudie (Darby et al., 2006) fasst die Ergebnisse von 13 europäischen Untersuchungen zusammen. Daraus geht hervor, dass das Risiko der Radonbelastung in Wohnräumen grösser ist, als es die Hochrechnungen der Risiken von Bergarbeitern in Uranminen vermuten liessen. Die Mehrzahl der mit Radon in Verbindung gebrachten Lungenkrebsfälle trat in Regionen mit geringem oder mittlerem Risiko auf, die viel dichter besiedelt sind als Regionen mit hohem Risiko. Damit ist die Radonproblematik in der Schweiz nicht mehr wie bisher nur auf Regionen mit hohem Risiko beschränkt, sondern ist ein Gesundheitsproblem, das die ganze Schweiz betrifft.

Das BAG wird auf der Grundlage der neuen internationalen Richtlinien einen Aktionsplan zur Strategie für die kommenden zehn Jahre ausarbeiten und diesen dem Bundesrat im Jahr 2010 vorlegen. Die Einführung der neuen Referenzwerte der WHO (100 und 300 Bq/m^3) in der Schweiz ist insbesondere im Hinblick auf die europäische und internationale Harmonisierung eines der zentralen Themen, die diskutiert werden müssen. Die gegenwärtig geltenden, in der Strahlenschutzverordnung (StSV) festgelegten Grenz- und Richtwerte betragen für Radongaskonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen $1'000 \text{ Bq/m}^3$ bzw. 400 Bq/m^3 bei Neu- und Umbauten sowie Sanierungen.

**Figur 1:**

Radonkarte der Schweiz (Wohn- und Aufenthaltsräume), Stand: Februar 2010, Quelle: GG25 © Swisstopo

*Bemerkung: in einigen Gemeinden wird das Radonrisiko aufgrund ungenügender Messungen geschätzt (siehe «Suchmaschine nach Gemeinde» unter www.ch-radon.ch).

Messungen und Kartierung

Um die Radonbelastung in Wohn- und Aufenthaltsräumen sowie in Arbeitsbereichen zu kennen, müssen die Kantone eine genügende Anzahl von Messungen der Radonkonzentration in ihrem Gebiet durchführen (Art. 115 StSV). Diese Messungen dienen dazu, ein Kataster zu erstellen, dessen Daten zugänglich gemacht und aktualisiert werden sollen.

Die Karte zum Radonrisiko in der Schweiz wurde im September 2004 fertig gestellt. Die Beteiligung der Gemeinden und Kantone war bei der Klassifizierung entscheidend. Das mit den Kantonen abgesprochene Vorgehen bestand in der Messung von mindestens 20 Häusern pro Gemeinde nach bestimmten Auswahlkriterien (eher ältere Einfamilienhäuser mit Naturkeller).

Die Karte ist nach den Mittelwerten (μ) der Radonkonzentrationen, die auf Gemeindeebene gemessen wurden, in drei Zonen eingeteilt:

- Regionen mit hohem Risiko:
 $\mu > 200 \text{ Bq/m}^3$
- Regionen mit mittlerem Risiko:
 $100 \text{ Bq/m}^3 < \mu < 200 \text{ Bq/m}^3$
- Regionen mit geringem Risiko:
 $\mu < 100 \text{ Bq/m}^3$

In einem zweiten Schritt werden gründliche Messkampagnen mit einer Abdeckrate, die dem ermittelten Radonrisiko entspricht, organisiert. Dabei sollten sich die Messungen auf potenziell besonders betroffene Arten von Bauten konzentrieren, damit möglichst viele Grenzwertüberschreitungen gefunden und schnell geeignete Massnahmen zum Schutz der Gesundheit der Personen, die diese Gebäude bewohnen, getroffen werden können.

Im Winter 2009/2010 wurden insbesondere in den Kantonen Aargau, Basel-Stadt, Bern, Glarus, Neuenburg, Nidwalden, Schwyz, Tessin und Wallis Radon-Messkampagnen durchgeführt. Figur 1 gibt die aktuelle Radonkarte wieder. Sie beruht auf fast

110'000 gemessenen Gebäuden, von denen 2'500 eine Überschreitung des Grenzwerts von 1000 Bq/m³ aufzeigen. Auf der Karte sind die am stärksten von der Radonproblematik betroffenen Regionen ersichtlich (Tessin, Graubünden und Juragebiet). Aufgrund der Strategie, in erster Linie Fälle mit Grenzwertüberschreitungen zu finden, um die Risiken für die einzelnen betroffenen Personen zu beschränken, ist die Verteilung der Messungen über die Schweiz ziemlich inhomogen. Es liegen für bestimmte Regionen noch zu wenig Daten vor, um das Radonrisiko sicher zuweisen zu können. Das BAG ermuntert die Kantone jedes Jahr, die als ungenügend erachteten Kataster zu vervollständigen, damit diese Lücken geschlossen werden können.

Die Qualität der Messungen wird durch das BAG sichergestellt. Dieses ist zuständig für die Anerkennung und Überwachung der Messstellen gemäss den technischen Anforderungen und den Verfahren für die Qualitätssicherung, die vom Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartement festgelegt werden (Art. 112 StSV). In der zentralen Radondatenbank (Art. 118a StSV) können Gebäude, bei denen Messungen vorgenommen wurden, sowie Sanierungsdaten erfasst werden. Dieses Werkzeug ist für die Ausrichtung der Mess- und Sanierungsstrategien sowie zur Evaluation der Wirksamkeit laufender Programme unerlässlich.

Bauliche Vorschriften

Die Kantone haben dabei die Pflicht, Neu- und Umbauten stichprobenweise zu kontrollieren (Art. 114 StSV). Diese Massnahmen bezwecken einerseits, dass keine neuen Fälle von Grenzwertüberschreitungen entstehen, und andererseits, dass durch die baulichen Vorschriften der Kantone die Radongaskonzentration auch den Richtwert von 400 Bq/m³ nicht überschreitet.

In der Praxis wird der Radonproblematik in den kantonalen Bauvorschriften oder in den Bewilligungsverfahren für Baugesuche noch keineswegs konsequent Rechnung getragen. Die Zahl der von den Kantonen seit 1994 bei Neubauten stichprobenartig durchgeführten Kontrollen ist immer noch klein. Bei fast 7000 gemessenen neuen Gebäuden wurden mehr als 80 Fälle von Überschreitungen des Grenzwerts von 1000 Bq/m³ festgestellt, namentlich in den Kantonen Tessin, Graubünden und Wallis.

Bei Bauten nach dem Baustandard MINERGIE-ECO®, für die ein Grenzwert von 100 Bq/m³ gilt, nimmt das BAG systematisch Kontrollen vor. Die ersten Messungen bei fast 80 Gebäuden bestäti-

gen, dass dieser Baustandard den oben erwähnten Anforderungen entspricht. Die Verbreitung des Standards im privaten Bereich sollte aufmerksam verfolgt werden. Im Übrigen werden gegenwärtig Anstrengungen unternommen, um der Radonproblematik in den Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) verstärkt Rechnung zu tragen.

Sanierungsprogramme

Ziel des Sanierungsprogramms ist es, alle Wohn- und Aufenthaltsräume zu finden, bei denen der Grenzwert überschritten wird, und diese bis 2014 zu sanieren, wobei einfach durchzuführende und kostengünstige Lösungen zur Senkung der Radongaskonzentration unter den Richtwert entwickelt werden sollen. Die Kantone legen die Prioritäten der Sanierungen je nach Dringlichkeit der Fälle und nach wirtschaftlichen Aspekten fest (Art. 116 StSV). Im Falle von vermieteten Räumen sind die von Betroffenen geforderten Sanierungsarbeiten innerhalb einer Frist von 3 Jahren zu Lasten des Eigentümers durchzuführen (Art. 113 StSV).

Seit 1987 wurden fast 300 Pilotsanierungsprojekte zur Entwicklung und zum Testen von Methoden zur Senkung der Radonkonzentration in bestehenden Gebäuden und zur längerfristigen Evaluation der Sanierungen durchgeführt. Mithilfe dieser Studien konnten Erfahrungen zur Wirksamkeit verschiedener Methoden im Verhältnis zu den von ihnen verursachten Kosten gesammelt werden. Die Methoden bestehen hauptsächlich darin, die Eintrittspunkte des Radons abzudichten und die Druckunterschiede der Wohnraumluft gegenüber dem Gelände umzukehren, indem mit verschiedenen Techniken im Boden ein Unterdruck erzeugt wird. Oft werden durch die Kombination mehrerer Methoden die besten Ergebnisse erzielt. Die für die Umsetzung der Sanierung erforderlichen Investitionen werden auf einige tausend Franken geschätzt.

Ausserdem verwaltet das BAG eine weltweite Erhebung der Sanierungsmethoden im Internet, welche mithilfe von Fallstudien in verschiedenen Ländern die Methoden zur Senkung der Radonkonzentration umfassend illustrieren (www.worldradonsolutions.info). Im Rahmen der Sanierungsprogramme wurden bis heute fast 2'500 Überschreitungen des Grenzwerts in die schweizerische Radondatenbank aufgenommen.

Ausbildung

Im Tätigkeitsbereich «Ausbildung» sollen die technischen Grundlagen für eine strukturierte Integration der Radonproblematik in die Ausbildungszyklen der Bauberufe bereitgestellt werden. Gegenwärtig werden die Kontakte mit den Ausbildungszentren (EIF, ETHL, ETHZ, SUPSI und USI) und dem SIA vertieft.

Das BAG hat im Januar 2000 das Radonhandbuch Schweiz veröffentlicht. Es handelt sich dabei um einen technischen Ordner, der sich in erster Linie an Architekten und Baufachleute richtet und verschiedene Methoden zur Reduktion der Radonkonzentration vorstellt. Auf der Grundlage dieses Instruments wurden in den drei Sprachregionen Weiterbildungskurse organisiert:

- Westschweiz: Fachhochschulen in Saint-Imier (2007) und Neuenburg (2008); ETHL (2009)
- Deutschschweiz: HTW Chur (2006 und 2008); Hochschule Luzern (2009)
- Tessin: SUPSI (2006 und 2007)

Auf diese Weise konnten in den drei Sprachregionen fast 170 Radonsachverständige ausgebildet werden. Die Listen mit diesen Fachpersonen stehen auf den Webseiten des BAG, der Kantone und der betreffenden Ausbildungszentren zur Verfügung.

Kommunikation

Der mit der Gesetzgebung angestrebte Anreiz bildet die Grundlage für ein Informations- und Kommunikationskonzept des BAG zur Sensibilisierung der Bevölkerung und der verschiedenen betroffenen Akteure.

Auf der Webseite www.ch-radon.ch sind regelmässig aktualisierte allgemeine Informationen verfügbar. Mit der «Suchmaschine», die zu den meistbesuchten Seiten gehört, lässt sich das Radonrisiko jeder Gemeinde in der Schweiz ermitteln.

Folgende Broschüren, die im Internet zur Verfügung stehen, wurden an interessierte Kreise weitergegeben:

- Radon: Informationen zu einem strahlenden Thema
- Rechtliche Informationen für Immobilien- und Baufachleute
- Informationen für Bauherren zu radonsicherem Bauen und Sanieren

Der jährliche Informationstag über Radon ist eine wichtige Plattform für den Austausch zwischen den Kantonen, dem BAG und entsprechenden ausländischen Stellen über neue strategische Ausrichtungen, das Fortschreiten des Programms und angetroffene Schwierigkeiten oder für die Präsentation schweizerischer und internationaler Projekte. Um die gegenseitige Information über technische Aspekte der Messung und Sanierung zu fördern, initiierte das BAG ein jährliches Treffen (DACH) mit mehreren europäischen Ländern (Deutschland, Österreich, Frankreich, Belgien, Italien und Luxemburg).

In zwei Erhebungen wurde 1995 und 2008 der Kenntnisstand der breiten Öffentlichkeit über Radon ermittelt. Die neuere Untersuchung hat gezeigt, dass 40% der Gesamtbevölkerung schon einmal etwas von Radon gehört haben, während dieser Anteil in Regionen mit hohem Risiko fast 70% beträgt. Daraus lässt sich die Wirksamkeit der Informationskampagnen ersehen, die in diesen Regionen durchgeführt wurden. Die genauen Ergebnisse dieser Studie wurden in der ersten Nummer 2010 der Zeitschrift «Société française de radioprotection (SFRP)» publiziert.

Schlussfolgerungen

Epidemiologische Studien stützen die wissenschaftliche Hypothese, dass ein linearer Zusammenhang zwischen Radonexposition und Lungenkrebsrisiko besteht. Dies bedeutet, dass jede auch noch so geringe Radonbelastung mit einem erhöhten Risiko für eine Erkrankung an Lungenkrebs einhergeht, wobei das Risiko pro 100 Bq/m³ um etwa 16% zunimmt. Lungenkrebs ist bei Männern die häufigste Krebserkrankung mit tödlichem Ausgang und auch bei Frauen für eine steigende Zahl von Todesfällen verantwortlich. In der Schweiz sind jedes Jahr 3'600 Personen betroffen. Fast 40 Prozent der Bronchialkarzinome werden bei Personen unter 65 Jahren diagnostiziert. Trotz der grossen medizinischen Fortschritte ist die Behandlung dieser Tumore noch immer schwierig. Insgesamt liegt die Überlebensrate bei diesem Krebs nach fünf Jahren bei nur knapp über 10%. Bei den Ursachen für Lungenkrebs steht Radon zwar hinter dem Rauchen; diese Gefahrenquelle betrifft jedoch die ganze Bevölkerung, und das Risiko wird bei Rauchern durch Radon zusätzlich erhöht. In der Schweiz fordert Radon jährlich fast ebenso viele Todesfälle wie der Strassenverkehr (zwischen 200 und 300 Opfer).

Dieses Risiko kann erheblich gesenkt werden. Wichtige Schritte in diese Richtung sind insbesondere die Wahrnehmung des Risikos in der Bevölkerung und die Berücksichtigung der Problematik in den Ausbildungen der Bauberufe. Die neuen WHO-Empfehlungen bedeuten für die Schweiz, dass von einem Ansatz, der in erster Linie vom individuellen Risiko ausgeht, zu einer Strategie übergegangen wird, die eher das kollektive Risiko ins Zentrum stellt. Es geht im Wesentlichen darum, die in Regionen mit hohem Risiko entwickelten Massnahmen auf die gesamtschweizerische Ebene zu übertragen, um im gesamten Gebiet eine Sensibilisierung gegenüber der Problematik zu erreichen und, wo erforderlich, eine Strategie umzusetzen, mit der das mit Radon verbundene Risiko schrittweise und effizient vermindert werden kann. Das gesamte Vorgehen und die zu treffenden Massnahmen werden in einem Aktionsplan festgehalten, der dem Bundesrat 2010 vorgelegt werden soll.

10.2 Radon

Christophe Murith, Diana Diessa, Martha Gruson

Risques radiologiques, Schwarzenburgstrasse 165, 3003 Bern

Introduction

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié de nouvelles directives en matière de radon dans les habitations (WHO-Handbook on indoor radon, 2009), dans lesquelles elle recommande un niveau de référence de 100 Bq/m³, soit 10 fois moins que la valeur limite suisse, afin de réduire à un minimum le risque de développer un cancer du poumon associé à l'exposition au radon dans les locaux d'habitation et de séjour. Si ce niveau de référence ne peut être atteint, il ne devrait cependant pas excéder 300 Bq/m³, ce qui représente environ 10 mSv par an, selon un rapport récent de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), qui confirme une augmentation du risque de l'ordre d'un facteur 2 (Rapport de la CIPR 2009: www.icrp.org/icrp_radon.asp). Des calculs dosimétriques sont par ailleurs en cours pour préciser l'exposition interne due à l'inhalation du radon selon la même méthodologie que les autres radionucléides. En admettant un doublement du risque, la contribution annuelle du radon passe d'environ 1.6 mSv/an à une valeur estimée de 3.2 mSv/an. Le calcul précis avec le nouveau facteur de la CIPR appliqué à l'exposition domestique et sur les lieux de travail est détaillé dans le chapitre 10.4.

Le niveau de référence de 300 Bq/m³ est par ailleurs repris dans le projet final des Basic Safety Standards (BSS) de l'Union européenne.

De nombreuses études ont été menées récemment sur l'estimation du risque de cancer du poumon associé à l'exposition prolongée au radon dans l'habitat. L'étude de référence (Darby et al., 2006) compile les résultats de 13 analyses européennes. Il en ressort que ce risque dans les habitations est plus sérieux que ne le laissait prévoir l'extrapolation du risque observé chez les mineurs d'uranium. La majorité des cas de cancer du poumon liés au radon apparaissent dans les régions à risque léger et moyen, plus fortement peuplées que les régions à risque élevé. Ainsi, la problématique du radon en Suisse devient un problème de santé publique à l'échelle nationale et ne se limite plus, comme c'est le cas actuellement, aux seules zones à risque élevé.

Sur la base des nouvelles directives internationales, l'OFSP proposera au Conseil fédéral en 2010 un plan d'action portant sur la stratégie des dix prochaines années. L'adoption en Suisse des nouvelles valeurs de référence de l'OMS (100 et 300 Bq/m³) sera l'un des sujets central de la discussion, dans un objectif d'harmonisation internationale et européenne en particulier. Notons que les valeurs limite et directrice fixées dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) sont actuellement de 1'000 Bq/m³ pour les concentrations de radon dans les locaux d'habitation et de séjour, respectivement de 400 Bq/m³ pour les nouveaux bâtiments et les bâtiments transformés et/ou assainis.

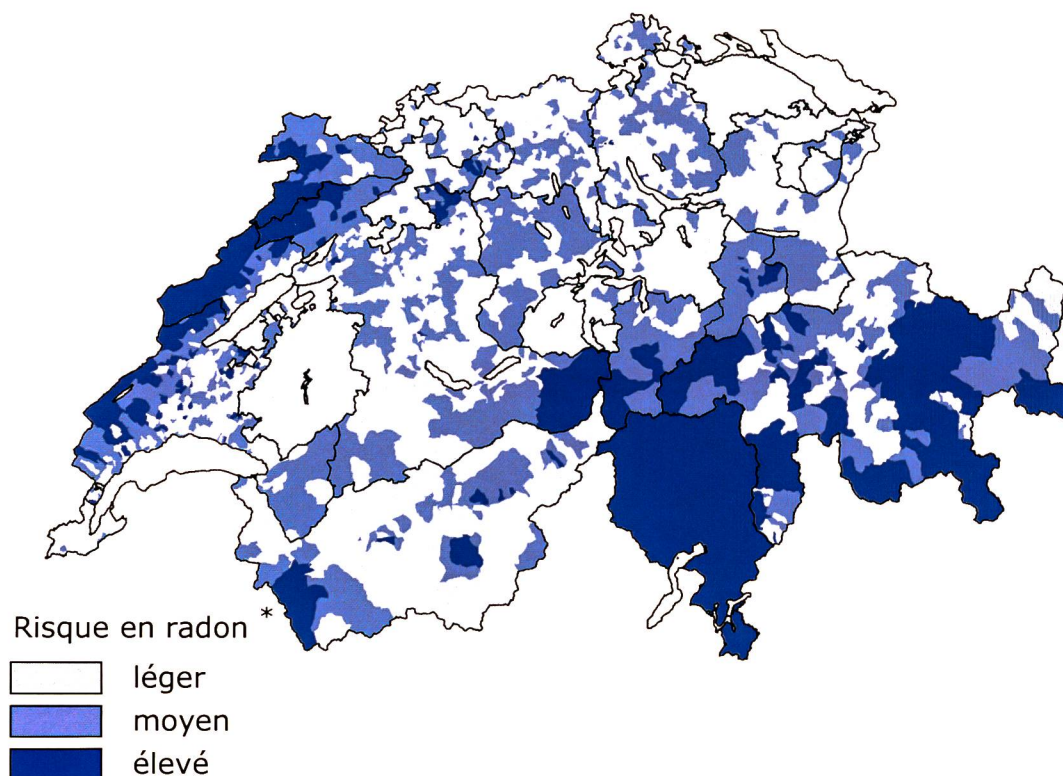


Figure 1:

Carte du radon en Suisse (locaux d'habitation et de séjour), Etat: février 2010, Source : GG25 © Swisstopo

*Remarque : dans certaines communes, le risque en radon est estimé à partir d'un échantillon insuffisant de mesures, à voir dans le «moteur de recherche par commune» sous www.ch-radon.ch.

Mesures et cartographie

La connaissance de l'exposition au radon dans les locaux d'habitation et de séjour, ainsi que les secteurs de travail, exige que les cantons effectuent un nombre suffisant de mesures de la concentration de gaz radon sur leur territoire (art. 115 ORaP). Ces mesures servent à établir le cadastre, dont les données doivent être accessibles et mises à jour.

La carte du risque en radon a été achevée en septembre 2004. L'implication des communes et des cantons a été essentielle dans l'élaboration de la classification. La démarche, adoptée avec l'accord des cantons, a consisté à mesurer un minimum de 20 maisons par commune avec des critères de choix pénalisants (maisons individuelles, plutôt anciennes, de préférence avec une cave naturelle).

Une cartographie à trois zones établie à partir de la valeur moyenne des concentrations mesurées au niveau communal (μ) est utilisée :

- Région à risque élevé :
 $\mu > 200 \text{ Bq/m}^3$
- Région à risque moyen :
 $100 \text{ Bq/m}^3 < \mu < 200 \text{ Bq/m}^3$
- Région à risque léger :
 $\mu < 100 \text{ Bq/m}^3$

Dans une seconde étape, des campagnes de mesures intensives sont organisées avec un taux de couverture associé au risque, en concentrant l'action sur des types de construction potentiellement touchées, afin de trouver le plus grand nombre de dépassements de la valeur limite et ainsi pouvoir rapidement prendre les mesures adéquates pour la protection de la santé des personnes résidant dans ces bâtiments.

Durant d'hiver 2009 - 2010, des campagnes de mesures du radon ont été organisées notamment dans les cantons d'Argovie, Bâle-Ville, Berne, Glaris, Neuchâtel, Nidwald, Schwyz, Tessin et Valais.

La figure 1 présente la carte actuelle du radon; elle se base sur près de 110'000 bâtiments mesurés dont 2'500 ont signalé un dépassement de la valeur limite de 1000 Bq/m³. La carte fait apparaître les régions plus particulièrement concernées par le radon (Tessin, Grisons et Arc jurassien). La distribution des mesures à l'échelle nationale est assez inhomogène en raison de la stratégie priorisant la recherche des dépassements de la valeur limite, en vue de réduire le risque individuel. Pour certaines régions, les données sont encore insuffisantes pour obtenir une distribution représentative du risque radon. Afin d'y remédier, l'OFSP incite chaque année les cantons à compléter les cadastres considérés comme insuffisants.

La garantie de la qualité métrologique des mesures (art. 112 ORaP) est confiée à l'OFSP qui reconnaît et surveille les services de mesures agréées, selon les exigences techniques et les procédures d'assurance de qualité fixées par le Département fédéral de justice et police. La banque de données centrale du radon (art. 118a ORaP) permet le recensement des bâtiments mesurés et des données sur les assainissements. Cet outil est indispensable pour orienter la stratégie des mesures et des assainissements, ainsi que pour évaluer l'efficacité du programme en cours.

Prescription de construction

L'obligation de contrôles par pointage dans les nouveaux bâtiments et les bâtiments transformés (art. 114 ORaP) incombe aux cantons. Ces mesures visent d'une part à garantir que de nouveaux cas de dépassements de la valeur limite ne soient pas créés et d'autre part, que le canton veille par le biais de prescriptions en matière de construction à ce que la concentration de gaz radon ne dépasse pas la valeur directrice de 400 Bq/m³.

Dans la pratique, le radon est loin d'être systématiquement intégré dans les règlements cantonaux de la construction ou lors de la procédure d'octroi des permis de construire. Le nombre de contrôles par pointage effectués par les cantons dans les nouvelles constructions depuis 1994 est encore faible. Sur près de 7'000 bâtiments récents mesurés, plus de 80 cas de dépassements de 1'000 Bq/m³ ont été détectés, en particulier dans les cantons du Tessin, des Grisons et du Valais.

Dans le cadre des constructions MINERGIE-ECO®, pour lesquelles le respect d'une valeur limite de 100 Bq/m³ est exigé, l'OFSP a engagé un contrôle sys-

tématique. Les premières mesures dans près de 80 bâtiments confirment que cette norme de construction est actuellement conforme à l'exigence susmentionnée. Son extension au domaine de la propriété privée mérite d'être suivie avec attention. Par ailleurs, des actions sont en cours pour renforcer l'intégration du radon dans les normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA).

Programmes d'assainissement

Les programmes d'assainissement ont pour principe de trouver tous les locaux d'habitation et de séjour dépassant la valeur limite et de les assainir jusqu'en 2014, en privilégiant le développement de solutions opérationnelles simples et peu coûteuses de réduction de la concentration du gaz radon sous la valeur directrice. Les cantons hiérarchisent la réalisation des assainissements en fonction de l'urgence des cas et des aspects économiques (art. 116 ORaP). En cas de location, les travaux d'assainissement à charge du propriétaire sont à effectuer dans un délai de 3 ans, à la demande de toute personne concernée (art. 113 ORaP).

Près de 300 assainissements pilotes ont été conduits depuis 1987 pour développer et tester les méthodes de réduction du radon dans les bâtiments existants et pour suivre les assainissements. Ces études ont permis d'acquérir une expérience sur l'efficacité des différentes techniques, en relation avec les coûts qu'elles engendrent. Elles consistent essentiellement à colmater les points d'entrée du radon et à inverser les différences de pression de l'air entre l'espace intérieur habité et le terrain, en recourant à différentes méthodes de mise en dépression du sol. On obtient souvent les meilleurs résultats en combinant plusieurs techniques. L'investissement requis pour la réalisation d'un assainissement est estimé à quelques milliers de francs.

L'OFSP gère par ailleurs un recensement mondial des méthodes d'assainissement sur internet, qui illustre en détail les techniques de réduction du radon par le biais d'études de cas réalisées dans différents pays (www.worldradonsolutions.info). Dans le cadre des programmes d'assainissement, près de 2'500 dépassements de la valeur limite ont été répertoriés dans la banque de données suisse du radon jusqu'à ce jour.

Formation

Le champ d'action «formation» vise à préparer les bases techniques visant à une intégration structurée de la problématique du radon dans les cycles de formation des métiers du bâtiment. Des démarches sont en cours pour intensifier les contacts avec les centres de formation (EIF, EPFL, ETHZ, SUPSI et USI) et la SIA.

L'OFSP a publié en janvier 2000 le manuel suisse du radon; il s'agit d'un guide technique destiné en premier lieu aux architectes et aux professionnels du bâtiment présentant différentes méthodes de réduction de la concentration en radon. Sur la base de cet instrument, des formations continues ont été mises sur pied dans les 3 régions linguistiques :

- Suisse romande : EIF de Fribourg à Saint-Imier (2007) et à Neuchâtel (2008); EPFL (2009)
- Suisse alémanique : HTW Coire (2006 et 2008); HTW Lucerne (2009)
- Tessin : SUPSI (2006 et 2007)

Près de 170 consultants en radon ont été formés dans les trois régions linguistiques; les listes sont accessibles sur les sites internet de l'OFSP, des cantons et des centres de formation impliqués.

Communication

Le caractère incitatif préconisé dans la législation est à la base d'un concept de communication et d'information de l'OFSP, visant à sensibiliser la population et les différents acteurs concernés.

Le site internet www.ch-radon.ch permet d'accéder à des informations générales mises à jour régulièrement. On peut souligner que le «moteur de recherche» est l'une des pages les plus visitées et permet de connaître le risque en radon dans chaque commune de Suisse.

Les brochures suivantes, disponibles sur l'internet, ont été transmises aux cercles intéressés:

- Radon, informations sur un thème rayonnant
- Informations juridiques pour agents immobiliers et professionnels du bâtiment
- Informations destinées aux propriétaires de bâtiments au sujet du radon

La journée d'information annuelle sur le radon constitue une importante plate-forme de dialogue entre les cantons, l'OFSP et des homologues étrangers sur les nouvelles orientations stratégiques, l'état d'avancement du programme, les difficultés rencontrées, ou encore la présentation de projets nationaux et internationaux. Par ailleurs, une rencontre annuelle (DACH) a été initiée par l'OFSP pour

promouvoir l'échange sur les aspects techniques de la mesure et des assainissements avec plusieurs pays européens (Allemagne, Autriche, France, Belgique, Italie et Luxembourg).

Deux enquêtes ont été menées pour connaître l'état de connaissance du radon dans le grand public en 1995 et en 2008. La nouvelle étude a montré que 40% de la population générale a déjà entendu parler du radon, alors que cette proportion atteint près de 70% dans les régions à risque élevé. Cela démontre l'efficacité des campagnes d'information effectuées dans ces régions. Les résultats détaillés de cette étude ont été publiés dans le premier numéro 2010 de la revue de la «Société française de radioprotection» (SFRP).

Conclusion

Les études épidémiologiques ont consolidé l'évidence scientifique de la relation linéaire entre l'exposition au radon dans l'habitat et le risque de développer un cancer du poumon. Cela signifie que toute exposition au radon, aussi faible soit-elle, implique un risque de décès par cancer du poumon augmentant d'environ 16% par 100 Bq/m³. Ce type de cancer est la cause la plus fréquente de décès dus au cancer chez les hommes et à l'origine d'une mortalité croissante chez les femmes. Il touche plus de 3'600 personnes chaque année en Suisse. Près de 40% des carcinomes bronchiques sont diagnostiqués chez des personnes de moins de 65 ans. En dépit des progrès réalisés dans la médecine, le traitement de ces tumeurs reste très difficile. Globalement, le taux de survie de ce cancer à 5 ans dépasse à peine 10%. Le tabagisme est la cause principale de cancer du poumon suivie du radon qui touche toute la population et multiplie le risque chez les fumeurs. En Suisse, ce gaz radioactif est chaque année presque aussi meurtrier que la route, soit entre 200 et 300 victimes.

Il est possible de diminuer considérablement ce risque. Pour y parvenir, un effort particulier devra porter sur la perception du risque auprès de la population et l'intégration de la problématique dans le cursus des métiers du bâtiment. Les nouvelles normes de l'OMS impliquent pour la Suisse d'évoluer d'une approche basée prioritairement sur le risque individuel vers une stratégie plus soucieuse du risque collectif. Il s'agit essentiellement d'élargir à l'échelle nationale les actions développées dans les régions à risque élevé pour améliorer la connaissance de la problématique sur l'ensemble du territoire et mettre en œuvre, où cela est nécessaire, une stratégie opérationnelle permettant une diminution progressive et effective du risque lié au radon. L'ensemble des démarches et des actions à entreprendre seront clarifiées dans un plan d'action qui sera soumis au Conseil fédéral en 2010.

10.3

Begründung für die Erhöhung der mittleren Dosis im Zusammenhang mit der Radonbelastung der Schweizer Bevölkerung

Die mit der Radonexposition verbundene effektive Dosis sollte idealerweise mit einem dosimetrischen Modell bestimmt werden. Bei einem solchen Modell wird die Belastung der verschiedenen Organe bestimmt. Im Fall der Radonexposition sind aufgrund der Inkorporation von Zerfallsprodukten, die sich in der Luft befinden, hauptsächlich die Lungen betroffen. Mit Hilfe von Wichtungsfaktoren für die verschiedenen Organe wird dann die effektive Dosis berechnet. Die Risikofaktoren (Wahrscheinlichkeit des Versterbens an Krebs pro Einheit der effektiven Dosis), die mit dieser Methode im Rahmen epidemiologischer Studien bei radonbelasteten Minenarbeitern bestimmt wurden, standen lange Zeit im Widerspruch mit den Ergebnissen anderer epidemiologischer Studien (insbesondere Untersuchungen der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki). Man ging davon aus, dass dafür Unsicherheiten bei der Dosimetrie von Radon verantwortlich waren.

Aus diesem Grund schlug die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) vor, die mit einer Radonexposition verbundene effektive Dosis durch eine Konvention festzulegen. Dabei wird das Lungenkrebsrisiko im Zusammenhang mit der Radonexposition mit dem Risiko verglichen, das bei anderen Studien festgestellt wurde, und – dargestellt als effektive Dosis – in der Form eines nominellen Risikos für eine bestimmte Bevölkerungsgruppe festgelegt. Diese Methode wurde von der ICRP in der «Konvention zur Umrechnung der Exposition durch Radon in eine effektive Dosis» im Rahmen der Publikation Nr. 65 (1993) vorgeschlagen. Die

daraus resultierenden Werte für die Konversionsfaktoren (KF) sind in der nachfolgenden Tabelle für die Belastung der Bevölkerung und der Beschäftigten (d.h. beruflich strahlenexponiert) aufgeführt. Der Unterschied zwischen diesen beiden Kategorien besteht nicht in einem unterschiedlichen Radonrisiko (es stehen nicht genügend Daten für eine Differenzierung der Risiken nach Alter zur Verfügung), sondern in unterschiedlichen nominellen Risiken, die für die Bevölkerung und die Beschäftigten berechnet wurden.

Aktuelle epidemiologische Studien zur Radonexposition in Wohnräumen haben zu neuen Erkenntnissen über das Radonrisiko geführt. Diese stellen die bisherige Schätzung des Lungenkrebsrisikos in Frage. Das Risiko scheint deutlich – um einen Faktor von 1.76 – höher zu sein (früher: $1.78 \cdot 10^{-10}$ pro $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$; neue Schätzung: $3.14 \cdot 10^{-10}$ pro $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$). Gleichzeitig wurden die nominellen Risikofaktoren der neuen ICRP-Empfehlungen (Publikation 103, 2007) geändert (leicht gesenkt), wie in der Tabelle 1 angegeben. Es ist eine Senkung des nominellen Risikofaktors um den Faktor 0.78 (von $7.3 \cdot 10^{-5}$ pro mSv auf $5.7 \cdot 10^{-5}$ pro mSv) im Fall der Bevölkerung und um den Faktor 0.75 (von $5.6 \cdot 10^{-5}$ pro mSv auf $4.2 \cdot 10^{-5}$ pro mSv) im Fall der Beschäftigten festzustellen. Diese Faktoren wurden in der Konvention zur Umrechnung der Radonexposition in eine effektive Dosis direkt übernommen. Dadurch wird der als effektive Dosis dargestellte Risikofaktor für Radon (KF) um den Faktor 2.26 für die Bevölkerung bzw. um den Faktor 2.35 für die Beschäftigten vergrössert.

Tabelle 1:

Veränderung der Risikofaktoren für die Radonexposition, dargestellt als effektive Dosis.

		Risiko ($\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)	Risiko (mSv) ⁻¹	KF [$\text{mSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})$]
ICRP 65	Bevölkerung	$1.78 \cdot 10^{-10}$	$7.3 \cdot 10^{-5}$	$2.44 \cdot 10^{-6}$
	Beschäftigte	$1.78 \cdot 10^{-10}$	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$3.17 \cdot 10^{-6}$
ICRP-Entwurf	Bevölkerung	$3.14 \cdot 10^{-10}$	$5.7 \cdot 10^{-5}$	$5.52 \cdot 10^{-6}$
	Beschäftigte	$3.14 \cdot 10^{-10}$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	$7.47 \cdot 10^{-6}$

Die Berechnung der mittleren Dosis der Bevölkerung beruht auf der durchschnittlichen Konzentration in den Wohnräumen (schätzungsweise $75 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) und an den Arbeitsplätzen (schätzungsweise $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$), sowie auf einem geringen Beitrag von Thorium, der insgesamt auf 0.1 mSv pro Jahr geschätzt wird. Die Einführung neuer Risikofaktoren hat einen starken Anstieg der mit einer Radonexposition verbundenen

effektiven Dosis von 1.64 mSv pro Jahr auf 3.60 mSv pro Jahr zur Folge (Faktor 2.20). In der Tabelle 2 wird die frühere mit der neuen Schätzung verglichen. In Zukunft soll das dosimetrische Modell die Konvention ersetzen, wodurch sich die errechneten Dosiswerte geringfügig ändern können.

Tabelle 2:

Vergleich der Berechnung der mittleren jährlichen effektiven Dosis für die Schweizer Bevölkerung.

	Aufenthaltsräume	Durchschnittl. Radon-konzentration ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	Aufenthaltsdauer (Stunden pro Jahr)	KF [$\text{mSv}/(\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3})$]	Dosis (mSv/a)
Frühere Werte	Wohn- und Aufenthaltsräume	75	7'000	$2.44\cdot 10^{-6}$	1.28
	Arbeitsplatz	40	2'000	$3.17\cdot 10^{-6}$	0.26
	Thoron (^{222}Rn)				0.1
	Total				1.64
Neue Werte	Wohn- und Aufenthaltsräume	75	7'000	$5.52\cdot 10^{-6}$	2.90
	Arbeitsplatz	40	2'000	$7.47\cdot 10^{-6}$	0.1
	Thoron (^{222}Rn)				0.1
	Total				3.6

10.4

Justification de l'augmentation de la dose moyenne associée à l'exposition de la population suisse au radon

La dose effective associée à l'exposition au radon devrait normalement se calculer par un modèle dosimétrique. Un tel modèle consiste à déterminer la dose délivrée aux différents organes (principalement les poumons dans le cas de l'exposition au radon) en fonction de l'incorporation des produits de fission présents dans l'air et à calculer la moyenne à l'aide des facteurs de pondération des différents organes pour obtenir la dose effective. Les facteurs de risque (probabilité de décès par cancer par unité de dose effective) acquis avec cette méthode dans le cadre des études épidémiologiques sur les mineurs d'uranium exposés au radon ont été longtemps en contradiction avec ceux obtenus dans les autres études épidémiologiques (principalement celles sur les survivants de Hiroshima et Nagasaki). On a admis que ce désaccord était lié aux incertitudes de la dosimétrie du radon.

Dans ces conditions, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a proposé de déterminer la dose effective associée à une exposition au radon par convention, en comparant les risques de cancer du poumon en fonction de l'exposition au radon avec ce risque obtenu lors des autres études et exprimé en fonction de la dose effective sous forme de risque nominal pour une catégorie de la population. Cette méthode, appelée la «convention de conversion en dose de l'exposition au radon», a servi de base à la publication 65 de la CIPR (1993). Les facteurs de conversion ainsi obtenus sont indi-

qués dans le tableau ci-dessous pour le cas d'une exposition du public et pour les professionnels. La différence entre ces deux catégories ne vient pas d'une différence du risque lié au radon (ici on n'a pas assez d'informations pour différencier les risques en fonction de l'âge), mais d'une différence du risque nominal calculé pour la population ou pour les travailleurs.

Des études épidémiologiques récentes sur l'exposition domestique au radon ont apporté des connaissances nouvelles sur le risque lié au radon, mettant en cause l'estimation du facteur de risque de décès par cancer du poumon. Ce risque augmente sensiblement, d'un facteur 1.76 (passage de $1.78 \cdot 10^{-10}$ par $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ à $3.14 \cdot 10^{-10}$ par $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$). Simultanément les facteurs de risque nominal des nouvelles recommandations de la CIPR (publication 103, 2007) ont été également modifiés (légère diminution), comme indiqué dans le tableau 1. On observe une diminution du facteur de risque nominal d'un facteur 0.78 (passage de $7.3 \cdot 10^{-5}$ par mSv à $5.7 \cdot 10^{-5}$ par mSv) pour le public et d'un facteur 0.75 (passage de $5.6 \cdot 10^{-5}$ par mSv à $4.2 \cdot 10^{-5}$ par mSv) pour les travailleurs. Ces facteurs interviennent directement dans la convention de conversion en dose de l'exposition au radon. Cette modification amplifie le facteur du risque du radon exprimé en dose effective (FC), augmentation qui passe à 2.26 pour le public et 2.35 pour les travailleurs.

Tableau 1:

Modification des facteurs de risque de l'exposition au radon exprimé en dose effective.

		Risque ($\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)	Risque (mSv) ⁻¹	FC [mSv/($\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)]
CIPR 65	public	$1.78 \cdot 10^{-10}$	$7.3 \cdot 10^{-5}$	$2.44 \cdot 10^{-6}$
	professionnel	$1.78 \cdot 10^{-10}$	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$3.17 \cdot 10^{-6}$
Draft-CIRP	public	$3.14 \cdot 10^{-10}$	$5.7 \cdot 10^{-5}$	$5.52 \cdot 10^{-6}$
	professionnel	$3.14 \cdot 10^{-10}$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	$7.47 \cdot 10^{-6}$

Le calcul de la dose moyenne de la population se base sur la concentration moyenne dans les habitations (évaluée à $75 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) et dans les secteurs de travail (évaluée à $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$), ainsi que sur une faible contribution due au thorium évaluée globalement à 0.1 mSv par an. L'introduction des nouveaux facteurs de risque conduit à une forte aug-

mentation de la dose effective associée au radon (facteur 2.20) qui passe de 1.64 mSv par an à 3.60 mSv par an. La comparaison de l'ancienne et de la nouvelle estimation est détaillée dans le tableau 2. Il est prévu à l'avenir de remplacer la convention par le modèle dosimétrique, ce qui aura probablement une légère influence sur le calcul de la dose.

Tableau 2:

Comparaison du calcul de la dose effective annuelle moyenne de la population suisse.

	Lieux de séjour	Concentration moyenne en radon ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	Durée de séjour (heures/an)	FC [$\text{mSv}/(\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3})$]	Doses (mSv/a)
Anciennes valeurs	Locaux habités, séjour	75	7'000	$2.44\cdot 10^{-6}$	1.28
	Lieux de travail	40	2'000	$3.17\cdot 10^{-6}$	0.26
	Thoron (^{222}Rn)				0.1
	Total				1.64
Nouvelles valeurs	Locaux habités, séjour	75	7'000	$5.52\cdot 10^{-6}$	2.90
	Lieux de travail	40	2'000	$7.47\cdot 10^{-6}$	0.1
	Thoron (^{222}Rn)				0.1
	Total				3.6