

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 30 (1987-1988)

Heft: 1: Texte

Rubrik: Radon et produits de filiation

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: 14.05.2025

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

simplifiés; des informations complémentaires détaillées se trouvent dans le rapport de la CFSR 1985/1986. Le présent volume ne contient que peu de figures (numérotées en chiffres romains); par contre, des références (en chiffres arabes) renvoient au volume des figures et tableaux. Les commentaires s'appuient sur les résultats fournis par les laboratoires cités en appendice.

2. Radon et produits de filiation

2.1. Propriétés et provenance du radon

Le radon-222 se forme lors de la désintégration du radium-226, un produit de filiation de l'uranium-238 présent à l'état naturel dans pratiquement tous les sols. La période du radon-222 est de 3,8 jours. C'est un gaz rare qui émane du sol et de certains matériaux de construction. La quantité libérée de ce gaz dépend de la teneur en radium du sol ou du matériau de construction ainsi que de la facilité avec laquelle il peut être désorbé du solide. A l'intérieur des immeubles, la concentration en radon est significativement plus élevée qu'en plein air car l'air peut s'enrichir en radon dans des locaux bien isolés par exemple. La concentration en radon à l'intérieur des immeubles ne dépend pas seulement de la constitution géologique du sous-sol, mais également de la perméabilité du sol aux gaz, du type de construction, de l'aération des locaux et des conditions météorologiques.

2.2. L'origine des doses

Le radon-222 se désintègre en produits de filiation tels que le polonium, le bismuth et le plomb. Dans l'air, ces atomes isolés se fixent dans une large mesure sur des aérosols. Lors de la respiration, ces produits de filiation, liés aux aérosols ou libres, se déposent dans les bronches et à la surface des poumons.

Le radon et plusieurs de ses produits de filiation sont des émetteurs alpha. Sa désintégration radioactive et plus particulièrement celle de ses produits de filiation conduit à une irradiation des organes respiratoires d'où une dose aux poumons. Cette dernière dépend entre autre de la concentration des produits de filiation dans l'air inspiré, ainsi que de la proportion des produits de filiation qui se déposent sur les murs et autres surfaces d'un local.

2.3. Principaux sujets étudiés

Les études mentionnées ici ont été effectuées en grande partie dans le cadre du projet RAPROS (RAdon PROgram Schweiz) par les diverses institutions citées à l'appendice 2. Elles ont servi à répondre aux questions particulières suivantes:

- A quel niveau les concentrations moyennes en radon se situent-elles dans les habitations suisses, considérées dans leur ensemble ou individuellement par canton, et quelles sont les doses qui en résultent?
- Quelle est la dispersion et quelles sont les valeurs maximales des concentrations en radon et des doses? où sont localisées les valeurs maximales?
- Dans quelle mesure les concentrations, maximales en particulier, dépendent-elles de la constitution du sous-sol construit, de l'architecture de la maison et des paramètres de propagation du radon à l'intérieur de l'immeuble?
- Quelle quantité de radon provient de matériaux de construction, de l'eau potable et de l'eau industrielle?
- Des concentrations en radon élevées dans le Jura ont-elles une origine naturelle ou artificielle (industrie des cadrants lumineux)?
- Quelles sont les mesures d'assainissement qui permettent de réduire efficacement des concentrations élevées en radon?

2.4. Résultats de mesure

Quelques résultats de mesure de radon sont présentés dans les figures I et II (Fig. 2.1.a, respectivement Fig. 2.7 du volume des figures et tableaux). Les concentrations en radon présentent une grande dispersion: dans les habitations, les valeurs s'échelonnent de 5 Bq/m³ environ à plusieurs milliers de Bq/m³. Environ 5% des locaux habités présentent des concentrations supérieures à 200 Bq/m³ et 1% supérieures à 500 Bq/m³. La concentration en radon est, le plus souvent, plus élevée dans les caves que dans les locaux habités. Dans ces cas, le radon provient donc principalement du sol et passe de la cave dans les locaux d'habitation. Pour la même raison, les concentrations en radon mesurées dans des immeubles locatifs sont, le plus souvent, moins élevées dans les étages supérieurs que dans les étages inférieurs (Fig. 2.2.)

Des études plus détaillées montrent des concentrations et des répartitions différentes d'un canton à l'autre (Fig 2.4. et 2.5.). Des valeurs supérieures à 1000 Bq/m³ ont été mesurées dans quelques locaux d'habitation des cantons des Grisons, du Jura et de Neuchâtel. Des concentrations élevées en radon apparaissent parfois dans d'autres régions; cependant aucune corrélation, par exemple avec la géologie du sous-sol (Fig. 2.18), n'a pu être établie. En outre, il a été déterminé que les concentrations en radon sont souvent plus faibles dans les maisons individuelles que dans les fermes, quoique plus élevées que dans les immeubles locatifs (Fig. 2.1.b). De plus, la concentration en radon dans les habitations est beaucoup plus faible en été qu'en hiver.

Fig. I : Valeurs de radon mesurées jusqu'à l'hiver 88/89 inclu

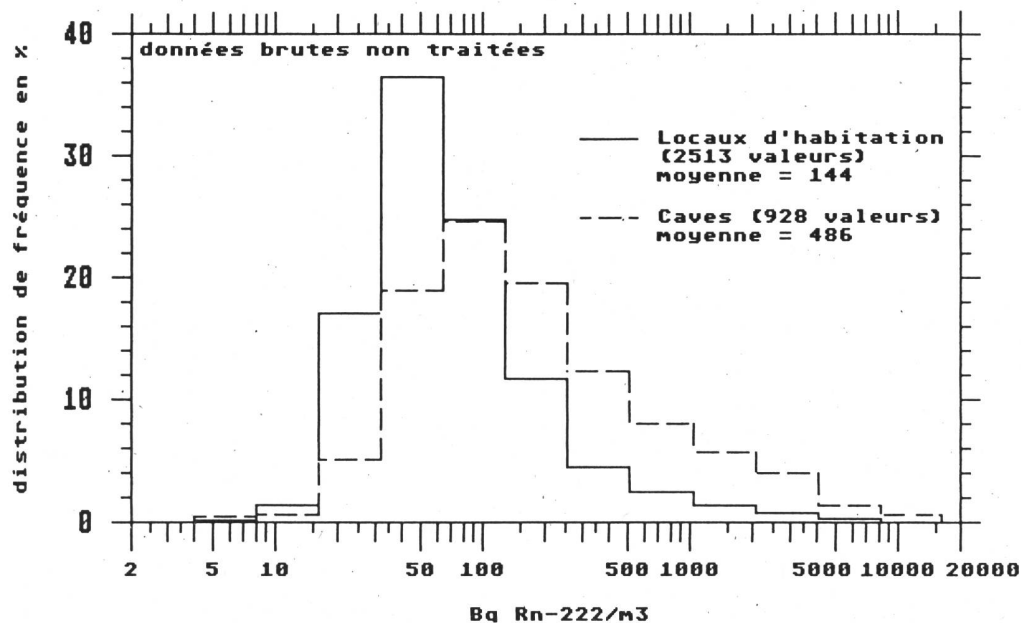
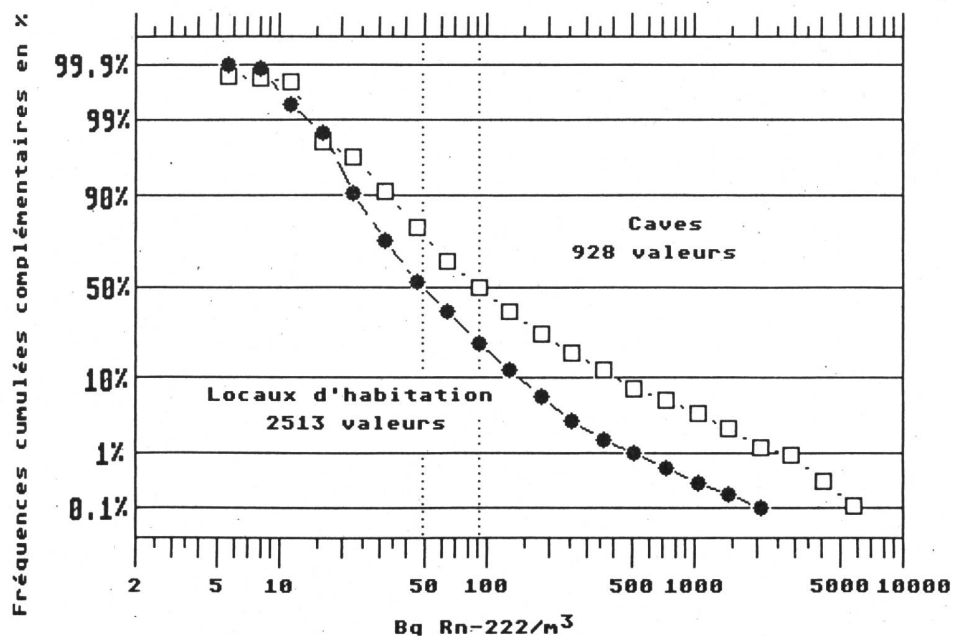


Fig. II : Concentrations en radon dans les habitations suisses jusqu'en hiver 88/89 inclu



(données estimées selon les conditions d'habitation et les distributions régionales de population)

2.5. Calcul de moyennes et répartitions

Dans le calcul des moyennes, il est nécessaire d'introduire des facteurs correctifs pour les raisons suivantes:

- par rapport au nombre d'habitants, un nombre élevé de mesures concerne des maisons individuelles comparativement à celui d'immeubles ou de fermes;
- les mesures ont été plus nombreuses dans les régions où des concentrations élevées ont été trouvées ou attendues;
- environ 80 % des mesures ont été effectuées en hiver et les mesures n'ont été le plus souvent répétées en été que dans les endroits où une valeur élevée avait été obtenue lors d'une campagne hivernale.

Afin d'obtenir, pour l'ensemble de la Suisse, des distributions de concentration et des moyennes plus représentatives (cf. Chap. 2.9), les valeurs mesurées ont tout d'abord été pondérées, pour chaque canton, par le nombre d'habitants d'immeubles, de maisons individuelles et de fermes. Ces distributions cantonales ont été pondérées par le nombre d'habitants du canton concerné et, de là, une moyenne (arithmétique) suisse a été déterminée. Les variations entre valeurs hivernales et estivales ont été compensées et, pour terminer, des hypothèses ont été émises quant à la durée moyenne de séjour de la population à l'intérieur des habitats et à l'air libre ou au lieu de travail, mieux ventilé.

Lors de ces évaluations, il apparaît que la pondération par le nombre cantonal d'habitants produit l'effet le plus important. La pondération par type d'habitats ne change la distribution de concentration que dans le cas des cantons, respectivement régions, où des concentrations accrues ont été mesurées (Fig. 2.3). Pour illustrer ces calculs, les résultats arrondis obtenus lors d'une campagne hivernale 1988/1989 à La Chaux-de-Fonds sont comparés aux valeurs pour l'ensemble de la Suisse (cf. Tab. 2.1 et Fig. 2.6.b et 2.16):

	La Chaux-de-Fonds (Bq/m ³)	Suisse (Bq/m ³)
Locaux d'habitation moyenne non pondérée	220	140
Moyenne pondérée par type d'habitats et (pour la Suisse) par la population cantonale	120	80
Moyenne pondérée par la durée de séjour à l'intérieur des bâtiments (variation hiver-été comprise)	90	70

Ces évaluations montrent également que la moyenne géométrique utilisée en première approximation dans le dernier rapport de la CFSR sous-estimait quelque peu la concentration moyenne en radon. La CFSR estime que l'incertitude sur les moyennes calculées ici est d'environ 30 %. La distribution de concentration, présentée dans la Fig. II, correspond aux données pondérées par le nombre d'habitants et par le type d'habitations.

2.6. Influence de paramètres géologiques et météorologiques sur la concentration en radon

Les résultats de mesure obtenus dans le cadre du projet RAPROS ont abouti aux conclusions importantes qui suivent:

- La relation entre la géologie du sous-sol et la concentration en radon dans les immeubles est très complexe. Ainsi, une teneur élevée en uranium (par exemple dans les Alpes), avec augmentation de la production de radon, ne signifie pas que les concentrations en radon dans les maisons situées dans ces régions soient également élevées. La condition primordiale pour observer des concentrations élevées semble être liée à une perméabilité élevée du sol, comme cela se produit dans des zones karstiques, caillouteuses ou dans des éboulis. Cela explique que,

dans des régions où la production de radon est "normale", des concentrations élevées en radon dans les habitations puissent apparaître (Fig. 2.18.). La recherche de concentrations élevées en radon dans les habitations et, à plus forte raison, leur prédiction pour des immeubles neufs est rendue très difficile en raison des nombreux paramètres concourants (production du radon, désorption à partir de la roche, perméabilité du sous-sol et probabilité de pénétration dans la maison) qui conduisent à des concentrations très variables.

- Le radon pénètre dans les maisons surtout par les caves, d'où sa diffusion est à nouveau régie par plusieurs paramètres. En particulier, il est transporté par les courants de convection engendrés par les différences de pression entre la cave et les étages supérieurs. Ainsi, plus la différence de pression, respectivement les courants de convection, sont importants, plus la quantité de radon qui passe dans les étages est grande (Fig. 2.19). Dans certaines conditions de température ou de pression, il se crée un "effet de cheminée" qui pompe le radon du sol dans la cave et de celle-ci dans les locaux habités. Ce fait conduit à un cycle journalier de la concentration en radon et explique les concentrations augmentées en hiver.

2.7. Autres résultats du projet RAPROS

Des examens de matériaux de construction à l'IPS ont montré que leur contribution à la teneur en radon des locaux habités ne dépasse pas 10 à 70 Bq/m³ (cf. Tab. 2.2). Cela signifie qu'une faible ou moyenne teneur en radon dans les habitations ne provient qu'en faible partie des matériaux de construction et que là où des concentrations élevées sont observées, la contribution de ces matériaux peut être exclue.

L'effet de l'isolation thermique des bâtiments sur la concentration en radon a également fait l'objet d'études à l'IPS. Il s'est avéré de manière surprenante que la différence engendrée par des travaux d'isolation n'est pas significative. L'explication la plus vraisemblable

est qu'un enrichissement en radon dû à l'isolation serait compensé par la diminution de l'effet de cheminée.

Les investigations de la SUEP, visant à expliquer les niveaux élevés de radon à La Chaux-de-Fonds, ont été poursuivies en collaboration avec les autorités communales et les habitants des immeubles. La teneur radionucléidique d'échantillons de sol des alentours immédiats des immeubles a été établie en fonction de la granulométrie. Les teneurs en radon de l'atmosphère du sol et dans celle de grottes ont également été déterminées. Les résultats ont confirmé l'hypothèse d'une provenance des teneurs élevées en radon dans les habitations liée à des causes naturelles: la grande perméabilité du sous-sol karstique dans cette région conduit vraisemblablement à des concentrations élevées. L'entrée du gaz dans les locaux habités est alors d'autant plus faible que l'immeuble n'est pas excavé. Seuls certains cas isolés de concentration élevée peuvent être imputés aux déchets provenant de l'ancienne industrie du radium.

D'autres investigations effectuées par l'EPFZ et l'IPS ont permis de conclure que l'apport de radon dans les habitations par l'eau potable et industrielle est négligeable.

2.8. Assainissement pilote de maisons à taux élevé en radon

Sous la direction de l'OFSP et en collaboration avec les autorités communales et les habitants concernés, l'assainissement de diverses maisons présentant une teneur élevée en radon a été entrepris dans l'optique d'acquérir l'expérience nécessaire à l'élaboration de prescriptions en la matière dans le contexte helvétique. Les méthodes utilisées visent principalement à entraver la pénétration du radon dans les locaux habités.

Une ferme de La Chaux-de-Fonds, partiellement excavée, a ainsi pu être assainie par la pose d'un nouveau plancher qui permet une ventilation active du sous-sol. La concentration en radon, qui atteignait en hiver 2200 Bq/m³, a pu être réduite en moyenne d'un facteur cinq (Fig. 2.8). Dans un immeuble excavé de Siat, GR, la

concentration élevée en radon dans les locaux habités a pu être éliminée en implantant une ventilation dans la cave qui y crée une dépression par rapport aux étages supérieurs.

2.9. Dose résultant des produits de filiation du radon.

Afin de pouvoir évaluer l'effet des concentrations en radon mesurées, il faut calculer les doses aux poumons qui en résultent, ainsi que les équivalents de dose effectifs. A cet effet, il est nécessaire d'émettre des hypothèses, déterminant pour le calcul de la dose, concernant le facteur d'équilibre entre les produits de filiation du radon et le radon dans l'air inspiré, les taux respiratoires et les effets radiobiologiques aux poumons. Les calculs utilisés par la CFSR se fondent sur des données de la littérature et impliquent, par exemple, que la concentration en produits de filiation s'élève à 40% de celle du radon. (Pour les taux respiratoires et la durée de séjour dans les maisons: cf. rapport CFSR 1985/86, Tab. 2.1.a.).

L'équivalent de dose effectif annuel, calculé avec ces hypothèses, est de 1,9 mSv pour une concentration en radon moyenne en Suisse de 70 Bq/m³. Les contributions dues au radon-220 provenant des décroissances de la série du thorium et aux expositions au radon lors de séjours en plein air élèvent cette dose à 2,2 mSv/an, correspondant à une dose annuelle aux poumons de 15 mSv. De la distribution de concentration, présentée à la Fig. II, et des calculs sus-mentionnés, il s'avère que dans 10% des cas environ, la dose annuelle effective est supérieure à 4 mSv, à 10 mSv dans environ 1% des cas. Dans des conditions particulières, l'équivalent de dose effectif peut atteindre 150 mSv/an au maximum.

Au chapitre 7, ces doses dues au radon sont comparées à celles imputables à d'autres sources. A ce stade, il est bon d'insister une fois de plus sur les incertitudes liées aux résultats de mesure et aux hypothèses concernant leur correction et leur conversion. Même si les incertitudes sur les doses sont d'un facteur estimé à 2, on peut affirmer que le radon constitue la composante principale de

l'exposition aux radiations en Suisse et que le radon est responsable des doses individuelles les plus élevées.

2.10. Risque de cancer du poumon dû au radon

Le calcul du risque supplémentaire de cancer du poumon dû au radon peut se faire soit à partir des valeurs des doses ou directement à partir des facteurs de risque déterminés chez les mineurs. Ces études ont montré que des concentrations plus élevées de produits de filiation du radon dans les mines accroissent le nombre de cancers du poumon. Selon la littérature récente (Rapport BEIR IV, 1988), le modèle le mieux adapté aux résultats de mesure est un modèle relatif, dépendant de l'âge. Il est admis que le risque de cancer supplémentaire provoqué par le radon s'accroît proportionnellement au risque spontané (non lié aux radiations). Cela signifie en particulier que, pour une même dose d'irradiation, le risque encouru est plus grand pour les fumeurs que pour les non-fumeurs. Il faut cependant souligner que le tabagisme en lui-même comporte un risque de cancer du poumon bien supérieur à celui dû au radon à l'intérieur des maisons en Suisse; comme on l'a vu plus haut, le risque encouru par les fumeurs est accru par des concentrations élevées en radon (synergie).

L'évaluation du risque de cancer encouru par la population suisse à partir des résultats obtenus chez les mineurs est néanmoins sujette à des incertitudes, car les conditions de vie, la teneur en poussière de l'air, et les habitudes liées au tabagisme sont différentes chez ces deux catégories de population. Il faut néanmoins garder présent à l'esprit que, dans quelques cas, des concentrations en produits de filiation du radon ont été déterminées dans les habitations suisses qui permettent déjà la mise en évidence d'une augmentation des cas de cancer du poumon chez les mineurs.

Pour la concentration moyenne du radon en Suisse de 70 Bq/m³, on peut calculer d'après BEIR IV qu'environ 15% des décès par cancer du poumon doivent être imputés aux produits de filiation du radon. En 1986, la mortalité due au cancer du poumon s'élevait en Suisse à

756 cas par million chez les hommes, et 127 chez les femmes, l'écart entre ces deux valeurs pouvant vraisemblablement s'expliquer par les différences entre les deux sexes dans leur manière de fumer: les hommes commencent en général à fumer plus tôt que les femmes, et fument plus souvent; il en résulte que le temps de latence de 20-30 ans entre la consommation des cigarettes et le diagnostic clinique du cancer conduit aujourd'hui à des risques différents. Si l'on transpose le modèle de risque relatif de la population américaine à la population suisse, il faut imputer au radon, par année et par million, 100 cas de cancer du poumon chez les hommes et 20 cas chez les femmes. Il faut cependant souligner une fois de plus que ces chiffres constituent des estimations de risque extrapolées qui ne peuvent être vérifiées directement.

3. Radioactivité de Tchernobyl

3.1. Introduction

Ce chapitre a pour but d'élucider à quels emplacements la radioactivité provenant de Tchernobyl est encore décelable dans notre environnement en 1987 et 1988, et d'en évaluer l'importance. Il s'agit de plus d'estimer les doses externes et internes résultant de cette contamination et de pronostiquer la dose correspondante attendue pour les années à venir.

Afin de répondre à ces questions, on a mesuré en 1987 et 1988 la radioactivité d'un grand nombre d'échantillons d'air, de précipitations, d'eaux, de denrées alimentaires, ainsi que chez l'homme et les animaux: plus particulièrement les activités des nucléides à longue période, césium-137 (période 30 ans), césium-134 (2 ans) et strontium-90 (28 ans). Les résultats détaillés figurent dans le volume des figures et tableaux. Même si les mesures ont porté principalement sur les échantillons contenant encore de la radioactivité en quantité mesurable, il ne faut pas oublier que très souvent aucune radioactivité artificielle n'a pu être décelée. Il ne faut pas non plus