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: - (2003)

Rubrik: Lebensmittel

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: 14.12.2025

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

5. Lebensmittel

5.1. Radioaktivität in den Lebensmitteln

H. Völkle, J.-L. Andrey, P. Beuret, S. Estier, G. Ferreri, A. Gurtner, M. Jungck
Sektion Überwachung der Radioaktivität, BAG, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

C. Bajo
Kantonales Laboratorium Aargau, Kunsthausweg 24, 5000 AARAU

U. Vögeli
Kantonales Laboratorium Bern, Muesmattstrasse 19, 3000 BERN 9

J.-F. Valley, P. Froidevaux, K. Friedrich-Bénet, F. Barraud, T. Schmittler
Institut universitaire de Radiophysique Appliquée, Grand-Pré 1, 1007 LAUSANNE

Zusammenfassung

An der Radioaktivitätsüberwachung der Lebensmittel sind die kantonalen Laboratorien und Messstellen des Bundes beteiligt. In den Hauptnahrungsmitteln waren 2003 ausser Spuren von ^{137}Cs, ^{90}Sr und Tritium keine anderen anthropogenen Radionuklide nachweisbar. Beim Wildfleisch (mit Ausnahme der Wildschweine aus dem Tessin) und den durch Tschernobyl meistbelasteten Pilzsorten ist eine weitere Abnahme zu erkennen. Infolge der geringen Konsumraten führen diese Aktivitäten nicht zu nennenswerten Strahlendosen. Die künstliche Radioaktivität in Lebensmitteln verursachte 2003 im Landesdurchschnitt Strahlendosen von wenigen Tausendsteln mSv.

5.1.1 Messprogramm

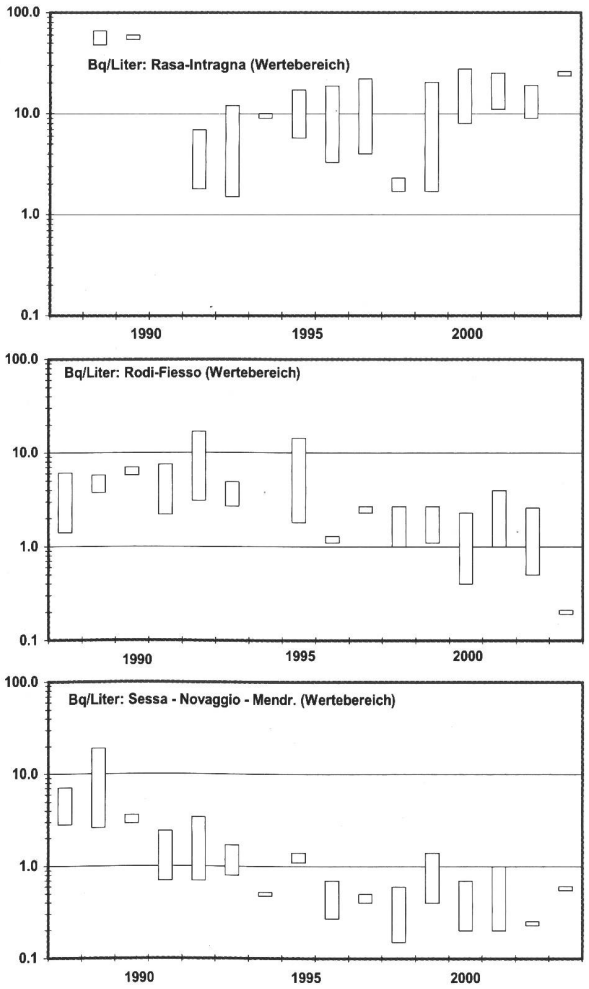
Die Radioaktivität von Lebensmitteln wird in Zusammenarbeit von Bundesstellen und Kantonalen Laboratorien überwacht, deren Mitarbeit hiermit bestens verdankt sei. Die Messungen umfassen die Hauptnahrungsmittel Milch und Getreide, sowie stichprobenweise Wildfleisch und Wildpilze und Importe. Für Radionuklide in Lebensmitteln gelten Toleranzwerte und Grenzwerte gemäss *Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe (FIV)* (siehe Tabelle Seite B.1.4).

5.1.2 Ergebnisse der Überwachung

Künstliche Radionuklide wie Tritium, ^{90}Sr und ^{137}Cs waren 2003 in Lebensmitteln, ausser in Pilzen und Wildschweinfleisch, nur noch in Spuren nachweisbar.

a) Hauptnahrungsmittel [1)]

Milch (93 Proben): Ausser im Tessin bzw. in den Alpen lag der ^{137}Cs-Gehalt in der Milch unter der Nachweisgrenze von 1 bis 2 Bq/l. Der Toleranzwert beträgt für ^{137}Cs in der Milch 10 Bq/l, der Grenzwert 1000 Bq/l. Im Tessin ergaben sich die folgenden ^{137}Cs-Konzentrationen in Bq/l: Rasa-Intragna: 24.8; Rodi-Fiesso: 0.2; Novaggio: 0.58; in Davos lagen die Werte bei 0.26 bzw. 6 Bq/l (letzterer Wert: Sommerfütterung auf der Alp).



Figur 1
Rekapitulation der ^{137}Cs-Werte in der Milch aus dem Kanton Tessin 1987 - 2003

1) Untersuchungen von Trinkwasser aus dem Kanton Graubünden s. Kap. 4.5

Sieben Proben von Ziegenmilch aus dem Tessin ergaben Werte für ^{137}Cs von 7 bis 112 Bq/l: der Medianwert betrug 21 Bq/l.

Wie aus der Fig. 1 ersichtlich, geht der Rückgang der ^{137}Cs-Aktivität in der Milch nach dem Reaktorunfall Tschernobyl von Ende April 1986 nicht in allen Regionen des am meisten belasteten Tessin gleich schnell vor sich. Am deutlichsten nahmen die Werte aus dem Südteil des Kantons (Sessa - Novaggio) bereits seit Anfangs der 90er-Jahre ab, etwas weniger schnell und erst seit dem Jahr 1995 diejenigen aus der Leventina (Rodi-Fiesso) und im unteren Centovalli (Rasa-Intragna 880 m ü.M.) liegen die Cs-Werte unverändert bei 10 bis 20 Bq/l, also immer noch knapp über dem Toleranzwert von 10 Bq/l und eine Abnahme ist noch nicht zu erkennen.

Beim ^{90}Sr lagen die Werte im Mittelland und Jura zwischen 0.04 und 0.06 Bq/l, in den Alpen (Mürren/BE) bei 0.44 (Sommerfütterung auf der Alp), in Davos zwischen 0.13 und 0.16 Bq/l und im Tessin zwischen 0.12 und 0.62 Bq/l. Der mittlere Gehalt des natürlichen ^{40}K beträgt rund 50 Bq/l, entsprechend 1.6 g K/l ($^{40}K/K_{nat}$ = 0.01167%). Die Resultate der in denselben Gegenden erhobenen **Erd- und Grasproben** sind im Kapitel 4.3. zusammengestellt.

Getreide: 11 Proben aus den Regionen VD, FR, SO, AG, ZH, TG, SG, sowie aus der Umgebung der KKW Leibstadt, Gösgen, Beznau ergaben für ^{137}Cs weniger als die Nachweisgrenze von 0.6 Bq/kg und für ^{90}Sr zwischen 0.1 und 0.3 Bq/kg. Die Proben aus der Umgebung der KKW zeigten keinen Unterschied zu denjenigen aus der übrigen Schweiz.

b) Pilze (131 Proben)

Für **Wildpilze** gilt, bezogen auf Frischgewicht. gemäss FIV ein Toleranzwert von 600 Bq ^{137}Cs/kg, der bei den 2003 untersuchten Proben nicht mehr überschritten wurde, bzw. ein Grenzwert von 1'250 Bq ^{137}Cs/kg. Es wurden sowohl einheimische wie importierte Wildpilze gemessen. Die Resultate, bezogen auf das Frischgewicht (bei Messung in getrockneter Form durch Division mit einem Faktor 10 umgerechnet) sind in Tabelle 1 für die einheimischen Pilze zusammengestellt, jene für importiere Pilze in Tabelle 2. Keine der Proben überschritt den Toleranzwert.

Der seit einigen Jahren festgestellte Trend zur Abnahme bei den am meisten belasteten einheimischen Pilzen Maronenröhrlinge und Zigeunerpilze ist weiterhin feststellbar. Dies trifft auch zu bei (meist aus Osteuropa) importierten Pfifferlingen und Steinpilzen.

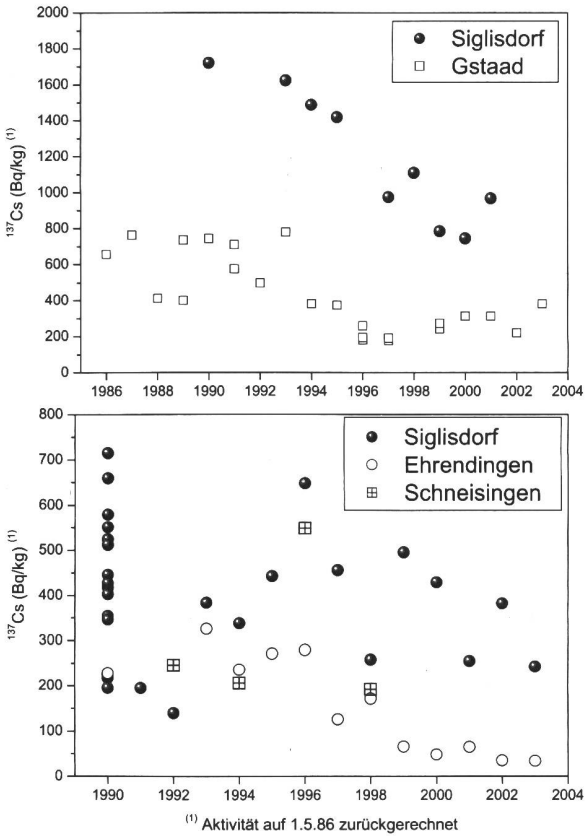
Seit Herbst 1999 wird bei **Pilzimporten** aus Osteuropa ein Radioaktivitätszertifikat verlangt. Die in grösseren Mengen importierten Pilzsorten sind Steinpilze, Morcheln und Pfifferlinge (*Cantharellus cibarius*). Alle gemessenen Werte lagen unterhalb des Toleranzwertes.

Tabelle 1
^{137}Cs in einheimischen Pilze 2003: Angaben in Bq pro kg Frischgewicht

Pilzsorte	Herkunft	Anzahl	Werte-bereich
Zigeunerpilze	BE	1	265
Maronenröhrling	ZH & AG	4	17 - 120
Rotfussröhrling	div. Orte	2	3 - 6
Goldröhrling	div. Orte	2	47 - 210
übrige Pilze	div. Orte	26	< 1 - 7

Tabelle 2
^{137}Cs in importierten Pilzen 2003: Angaben in Bq pro kg Frischgewicht

Pilzsorte	Her-kunft	Anzahl	Werte-bereich	Median
Pfifferlinge	Div. Länder	41	9 - 495	15
Steinpilze	Div. Länder	40	< 1 - 162	10
Morcheln	Div. Länder	9	< 1 - 3.4	2.5
übrige Pilze	Div. Länder	6	< 1 - 13	1



Figur 2
Zigeunerpilze (oben) und Maronenröhrlinge (unten) aus BE und AG (Aktivität auf 1.5.1986 zurückgerechnet)

c) Weitere Lebensmittel

Fleisch von Wild und Haustieren: 58 Proben ergaben die Werte gemäss Tabelle 3. Der Toleranzwert von 600 Bq ^{137}Cs wurde beim Wild nicht mehr überschritten. Immer noch geringfügig erhöht, jedoch unter dem Toleranzwert, sind die ^{137}Cs-Werte in Haustieren und Wildschweinen aus dem Kanton Tessin (vergl. auch Kap. 5.2)

Tabelle 3
^{137}Cs in Fleisch (inkl. Fleischprodukte) 2003: Aktivitäten in Bq/kg

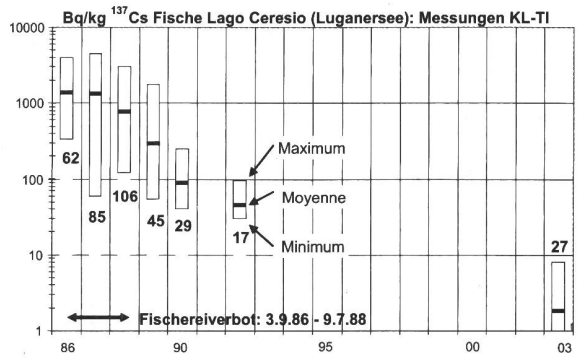
Tier	Herkunft	Anzahl	Werte-bereich	Median
Rind	Tessin	3	4.4 - 9.8	—
Ziege	Tessin	7	7.0 - 112	21
Elch	Nordeuropa	1	50	—
Hirsch	CH und Import	10	<1 - 13	—
Rebhuhn	" "	1	< 1	—
Reh	" "	7	5 - 42	10
Hase	" "	7	< 1	—
Fasan	" "	4	< 1	—
Gems	" "	4	< 1 - 123	28
Wild schwein	" "	6	< 1 - 4	—
	Tessin (*)	11	13 - 293	55

(*) Fallwild vom Winter 2003/2004

d) Fische aus dem Luganersee

Die Fische aus dem Luganersee ergaben nach dem Unfall Tschernobyl ^{137}Cs-Werte bis einige Tausend Bq/kg, sodass die Fischerei in diesem See von September 1986 bis Juli 1988 verboten werden musste.

2003 wurde vom Kantonalen Labor erneut eine Serie Messungen durchgeführt. Diese ergaben durchwegs Werte unter 10 Bq/kg und bestätigen eine annähernd exponentielle Abnahme der Aktivität mit einer mittleren Halbwertszeit von 1.6 Jahren, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist.



Figur 3
Rekapitualtion der ^{137}Cs-Werte in den Fischen aus dem Luganersee in Bq/kg für 1986 – 2003

e) Tritium in Milch und Gemüse

Milch- und Gemüseproben aus der Umgebung der Firma mb-microtec in Niederwangen/BE ergaben im Destillat 22 bis 240 (6 Milchproben) bzw. 110 bis 240 Bq (9 Gemüseproben) Tritium pro Liter. Der Toleranzwert für Tritium in Lebensmitteln beträgt gemäss FIV 1'000 Bq/kg. Anhand der Gemüseproben von 2002 konnte der Anteil an organischgebeundenem Tritium zu ca. 10% ermittelt werden.

5.1.3 Bewertung und Interpretation

Für die **Strahlenexposition** der Bevölkerung durch ^{137}Cs in Lebensmitteln kann nur eine obere Grenze angegeben werden, da die Aktivitätsmesswerte meist unter der Messgrenze liegen. Knappe Überschreitungen des Toleranzwertes wurden nur noch bei Milch aus dem Centovalli festgestellt und haben keinen Einfluss auf die Strahlenexposition der Bevölkerung. Die Strahlendosis durch über die Nahrung aufgenommene **künstliche Radioaktivität** (^{90}Sr und ^{137}Cs) liegt bei durchschnittlichen Ernährungsgewohnheiten unter 0.005 mSv pro Jahr. Der Beitrag durch ^{239}Pu und ^{240}Pu macht etwa ein halbes Prozent davon aus.

Im Vergleich dazu liegen die jährlichen Dosen durch die über die Nahrung aufgenommenen **natürlichen Radionuklide** im menschlichen Körper bei durchschnittlich rund 0.35 mSv, davon stammen rund 0.2 mSv von ^{40}K (s. Kap. 6.1.), der Rest von Uran, Radium und Thorium (rund 0.04 mSv) bzw. ^{210}Pb und ^{210}Po (rund 0.09 mSv) sowie von den kosmogenen Radionukliden ^{3}H (Tritium), ^{7}Be, ^{14}C, ^{22}Na (zusammen rund 0.013 mSv) und vom ^{87}Rb (0.006 mSv) (Quelle: UNSCEAR). Die direkt über die Atmung in den Körper gelangenden Radon-Folgeprodukte im Hausinnern sind in dieser Auflistung nicht inbegriffen; sie führen (siehe Kapitel 2) in der Schweiz im Durchschnitt zu einer effektiven Dosis von rund 1.6 mSv/Jahr mit Extremwerten bis 100 mSv/Jahr.

Quellen

UNSCEAR: "Sources and Effects of Ionizing Radiation", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR-2000 Report to the General Assembly, Volume I: Sources. United Nations, New York, 2000.

5.2. Teneur en ^{137}Cs de trois espèces de truffe de cerf (*Elaphomyces*) provenant de huit forêts de Suisse

H. Völkle [2], F. Ayer [1], M. Jungck [2], T. Vanzetti [3] et S. Egli [1]

1) Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), 8903 BIRMENSDORF
2) Office fédéral de la santé publique, Division radioprotection, Section surveillance de la radioactivité Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG
3) Ufficio del veterinario cantonale Ticinese, Via Dogana 16, 6500 BELLINZONA

5.2.1 La Situation en Suisse après l'accident de Tchernobyl

Depuis la catastrophe de Tchernobyl, les champignons et le gibier importés et indigènes font l'objet de surveillance quant à leur teneur en ^{137}Cs. Les résultats régulièrement publiés jusqu'à ce jour concernaient particulièrement les champignons épigés et parfois les truffes. Les deux espèces comestibles indigènes les plus contaminées par le césium de Tchernobyl sont le Bolet bai (*Xerocomus badius*) et la Pholiote ridée (*Rozites caperata*). Quinze ans après cet accident, ces deux espèces montrent toujours des valeurs moyennes de quelques centaines de Bq/kg (Becquerel par kg) sur la matière fraîche (tableau 1). Néanmoins, les valeurs montrent une légère tendance à diminuer, un peu plus pour le Bolet bai que pour la Pholiote ridée, comme le montrent les analyses effectuées sur les champignons récoltés dans les cantons d'Argovie et de Berne de 1990 à 2002 (voir Chap. 5.1).

Tableau 1
Activité de ^{137}Cs de quelques champignons indigènes en 2001 - 2002 en Bq/kg de matière fraîche

Espèce	Activité en Bq/kg de matière fraîche			
	Nombre d'analyses	Minimum	Maximum	Médiane
Pholiote ridée [1]	7	195	680	460
Bolet bai [2]	25	3	2000	120
Bolet cèpe [3]	24	3	470	20
Autres bolets	24	5	1830	51

[1] *Rozites caperata;* [2] *Xerocomus badius;* [3] *Boletus edulis*

Selon l'ordonnance fédérale sur les substances étrangères et les composants (OSEC), la valeur limite pour la somme des deux radionucléides du césium (^{134}Cs et ^{137}Cs) pour le gibier et pour les champignons est de 1250 Bq/kg de matière fraîche. Pour les champignons importés, la Suisse demande, tout comme l'Union Européenne, un certificat de radioactivité.

Tableau 2
Activité de ^{137}Cs dans le gibier (sans sangliers) importé de 1991 à 2002: Nombre de valeurs (en %) par intervalle en Bq/kg

Année	> 600	100 - 600	< 100
1991	4 (4.3%)	34 (36.2 %)	56 (59.6 %)
1992	2 (2.5 %)	22 (27.5 %)	56 (70 %)
1993	2 (4.5 %)	6 (13.6 %)	36 (81.8 %)
1994	0	9 (22 %)	32 (78 %)
1995	0	12 (21.1 %)	45 (78.9 %)
1996	0	8 (17 %)	39 (83 %)
1997	1 (1.6 %)	3 (4.8 %)	58 (93.5 %)
1998	0	3 (11.5 %)	23 (88.5 %)
1999	0	8 (11.3 %)	63 (88.7 %)
2000	0	0	23 (100 %)
2001	0	0	10 (100 %)
2002	0	0	32 (100 %)

Une diminution graduelle de la teneur en ^{137}Cs a été observée dans le gibier importé, à l'exception du sanglier (tab. 2). Les échantillons qui présentaient des teneurs supérieures à 600 Bq par kg ainsi que ceux qui étaient compris entre 100 et 600 Bq par kg après la catastrophe de Tschernobyl ont vu leurs valeurs nettement baisser entre 1991 et 2002. Actuellement toutes les valeurs sont inférieures à 100 Bq par kg. La teneur en ^{137}Cs de la viande de sanglier reste encore élevée aujourd'hui. Omnivores, les sangliers trouvent une part importante de leur nourriture en forêt. Ils retournent le sol pour se nourrir de racines souvent enrobées de terre ainsi que de champignons hypogés dont les Elaphomyces constituent la masse fongique souterraine la plus importante. Certains champignons dont beaucoup d'espèces hypogées, particulièrement les Elaphomyces, accumulent le ^{137}Cs. Le sanglier, dont les populations sont en forte croissance aussi bien au nord qu'au sud des Alpes, consomme une quantité d'Elaphomyces bien plus importante que le cerf et le chevreuil. Ceci explique en grande partie les teneurs élevées en ^{137}Cs dans sa chair. Selon les statistiques fédérales de la chasse le nombre de sangliers abattus par les chasseurs serait passé de 1200 en 1992 à 6284 en 2002 et le nombre de sangliers péris ("Fallwild") serait passé dans la même période de 220 à 760.

Tableau 3
Tri des sangliers abattus au Tessin en hiver 2002/2003 par mesure du débit de dose: Rapport dose-sanglier sur dose-ambiante

Rapport dose sanglier/ambiante	Nombre d'animaux	Décision
0.5 - 0.8	11	—
0.8 - 1.0	109	—
1.0 - 1.2	45	—
1.2 - 1.4	8	—
1.4 - 1.6	11	—
1.6 - 1.8	0	—
1.8 - 2.0	3	—
2.0 - 2.2	0	—
2.2 - 2.4	0	(*)
2.4 - 2.6	1	(*)
Total	**188**	

*) à séquestrer

Un instrument de mesure du débit de dose a été prêté par l'OFSP au vétérinaire cantonal du Tessin pour permettre un contrôle rapide des sangliers abattus durant la période de chasse de l'hiver 2002-2003. Ainsi une mesure directe sur l'animal abattu lui a permis de décider immédiatement s'il était nécessaire de séquestrer l'animal. Il a été convenu que les animaux, pour lesquels le débit de dose dépassait le double de la dose naturelle seraient séquestrés. Sur les 188 sangliers abattus par les chasseurs du canton du Tessin durant la période de chasse de l'hiver 2002-2003, un seul atteignait la valeur de 2.5 fois le bruit de fond et a donc du être confisqué. La mesure en laboratoire de la chair de cet animal donnait pour le ^{137}Cs une valeur de 7000 Bq par kg. Le 80% des sangliers soumis au détecteur de ^{137}Cs ne dépassait pas la valeur de bruit de fond et ne nécessitait par conséquent aucun séquestre (Tab. 3) [1].

En Allemagne, plusieurs résultats de mesures effectuées ces dernières années mentionnaient également des teneurs élevées en ^{137}Cs pour le sanglier et aussi pour les champignons hypogés du genre *Elaphomyces* ("Truffes de cerfs"). Non comestibles pour l'homme, mais très prisés des sangliers, nous avons pensé que les *Elaphomyces* pouvaient être la cause des teneurs élevées en ^{137}Cs constatées dans leur chair. C'est pourquoi, une campagne d'analyses des *Elaphomyces* a donc été mise sur pied au printemps 2003. C'est l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) qui s'est chargé de la récolte, de la détermination et du conditionnement des échantillons.

5.2.2 La récolte des Elaphomyces

La Suisse n'ayant pas été atteinte uniformément par les retombées de Tchernobyl, on a donc décidé de récolter des *Elaphomyces* dans les zones les plus touchées par les retombées de Tchernobyl, l'Est et le Sud de la Suisse. On a également fait des récoltes dans les cantons moins touchés de Berne, Fribourg et Neuchâtel. Ces récoltes ont été réalisées en mai et juin 2003. Cela a permis de collecter 21 récoltes comprenant 3 espèces d'*Elaphomyces* pour un total de 260 carpophores. On ne pouvait pas aller au-delà de ce nombre d'échantillons eu égard à l'éloignement des sites de récolte et à l'importance des travaux de détermination, de conditionnement et d'analyse.

Des observations faites sur le terrain dans le cadre de nos activités de recherche, on peut affirmer que les champignons hypogés, en particulier les *Elaphomyces*, constituent une part importante du régime alimentaire des sangliers, cerfs, chevreuils, écureuils et petits mammifères (Ayer, F. et Egli, S. 1991). Les sangliers recherchent systématiquement les *Elaphomyces* en retournant des surfaces qui peuvent comprendre plusieurs mètres carrés et cela en répétition sur les zones propices. Le cerf gratte superficiellement le sol qui se trouve mis à nu en mosaïques de petites surfaces et il visite ces endroits tout au long de l'année. Le chevreuil a un mode de récolte assez semblable au cerf mais son impact sur le sol est beaucoup plus faible. L'écureuil ainsi que les petits mammifères tels que les campagnols sylvestres pratiquent la récolte en localisant exactement l'endroit où se trouve l'hypogé convoité. L'écureuil ne laisse que l'empreinte de l'*Elaphomyces* récoltée et parfois, on observe à proximité le sac contenant la gléba abandonné sur une souche ou à même le sol. L'écureuil n'étant plus considéré comme gibier en Suisse, la contamination de sa chair par le ^{137}Cs n'a donc qu'une influence sur la chaîne trophique puisqu'il est la proie de la martre et de certains oiseaux carnassiers. De nombreuses autres espèces de champignons hypogés sont recherchés et consommés par les animaux. Dans les hêtraies de pente du Jura, on a constaté et même surpris au Bettlachstock, un sanglier découvrant de grandes surfaces pour récolter les *Stephanospora caroticolor* qui y sont répandues.

Dans les huit forêts choisies selon les critères déjà mentionnés, on a récolté les Elaphomyces à l'aide des traces laissées par les animaux qui les recherchent. Quelques informations supplémentaires sont données ci-après sur les particularités des

[1] 11 sangliers du Tessin de l'hiver 2003/2004 donnaient des valeurs pour le ^{137}Cs de 13 à 293 Bq/kg, avec une valeur médiane de 55 Bq/kg.

sites et sur les animaux consommateurs probables de ces champignons hypogés (Tab.4).

Sur les 260 carpophores récoltés, 50 % sont des *Elaphomyces muricatus*, 26 % des *Elaphomyces asperulus* et 24 % des *Elaphomyces granulatus*. Sitôt après la récolte, les carpophores de chaque lot ont été brossés avec soin et pesés. Un nettoyage final avec un papier humide a été fait afin de débarrasser les fines particules de terre. Chaque carpophore a ensuite été déterminé selon les caractères macroscopiques extérieurs puis microscopiques sur la base d'un prélèvement de la gléba à l'aide d'une microtarière. Les carpophores dûment séparés par stations et par espèces ont été séchés à l'air durant 2 semaines et pendant 3 jours au séchoir à 40°C. On a dû renoncer à réduire les carpophores en poudre à cause du risque de contamination croisée par dispersion des spores.

5.2.3 Résultats des mesures

Les mesures de radioactivité ont été effectuées par spectrométrie gamma à haute résolution avec un détecteur au germanium au laboratoire de la Section de surveillance de la radioactivité (SUER) de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) à Liebefeld. Les résultats exprimés en Bq par kg de matière sèche se trouvent dans le tableau 5. Le rapport poids frais sur poids sec a été déterminé sur les trois sorte d'Elaphomyces:

Sorte	rapport sec/frais
E. Asperulus	2.2 ± 0.3
E. Muricatus	3.2 ± 0.4
E. Granulatus	2.7 ± 0.3

Les deux isotopes du césium, à savoir, le ^{137}Cs provenant de l'accident de Tchernobyl et des retombées des tests nucléaires des années 60 et 70 (demie vie 30 ans) et le ^{134}Cs provenant uniquement de l'accident de Tchernobyl (demie vie 2 ans) étaient bien détectables dans tous les échantillons. Le rapport ^{134}Cs/^{137}Cs était de 0.52 le 1er mai 1986 (au moment de l'accident de Tchernobyl) et de 0.003 en été 2003; on a donc pu calculer la part du ^{137}Cs due aux essais nucléaires et celle due à l'explosion du réacteur de Tchernobyl. Les valeurs moyennes de ces deux contributions pour chaque lieu de prélèvement sont indiquées dans les colonnes 7 et 8 du tableau 5. Nos mesures indiquent que les retombées des tests nucléaires étaient réparties de façon plus homogène sur le territoire Suisse (les valeurs dans les Alpes étant légèrement supérieures) que celles de l'accident de Tchernobyl, où le Tessin était la région la plus touchée.(voir Fig.1) Une analyse par spectrométrie α donnait pour les 4 échantillons les plus forts en ^{137}Cs des valeurs pour le ^{239}Pu de 0.06 à 0.22 Bq/kg MS et pour l'^{241}Am 0.028 à 0.085 Bq/kg MS.

Une analyse des données montre une faible corrélation entre l'activité de ^{137}Cs des *Elaphomyces* des différentes régions et celle déposée par unité de surface en Suisse avec un coefficient de corrélation de 0.7 et une relation

$$A_E = 0.49 \times A_S + 0.16$$

A_E étant l'activité du ^{137}Cs des *Elaphomyces* en Bq par kg de matière sèche et A_S celle en ^{137}Cs du sol en Bq par m^2.

En l'état des connaissances, il semble que des causes multiples peuvent expliquer les teneurs élevées de certains champignons en ^{137}Cs. Une étude menée en collaboration par trois groupes de recherche du CNRS (Garaudée & al., 2002) a mis en évidence les propriétés d'un pigment polyphénolique, la norbadione A, qui forme des complexes avec deux cations césium, très favorable à des phénomènes d'accumulation. Cela explique l'accumulation du ^{137}Cs dans le bolet bai (*X. badius*) et probablement aussi dans les champignons pourvus de ce pigment orangé. Il semble aussi que les champignons mycorhiziens auraient une plus forte tendance à accumuler le Césium du fait de leurs échanges particuliers avec les plantes supérieures. La rétention du ^{137}Cs par les parties aériennes des arbres feuillus qui se décomposent lentement lors de leur chute sur le sol explique aussi la persistance du ^{137}Cs dans certains champignons. La nature du sol, sa perméabilité, son taux de saturation en potassium et son pH peut influencer la teneur en radionucléides indésirables dans les champignons.

5.2.4 Conclusion

Pour certaines espèces de champignons, notamment le Bolet bai (*X. badius*), la Pholiote ridée (*Rozites caperata*) et diverses Truffes de cerf (*Elaphomyces*), le ^{137}Cs des retombées de l'accident de Tchernobyl de fin Avril 1986 est toujours détectable ceci principalement au Tessin qui était la région la plus touchée en Suisse. Comme certains animaux sauvages, essentiellement les sangliers, se nourrissent de racines plus ou moins enrobées de terre et de champignons hypogés, leur chair peut également présenter des valeurs de ^{137}Cs élevées. Des chercheurs ont mis en évidence le rôle que joue un pigment polyphénolique, la Narbadione A, qui serait la cause de l'accumulation de césium chez les champignons qui sont dotés de ce pigment. D'autre part, la teneur en ^{137}Cs est plus intense dans l'horizon supérieur du sol forestier que dans les sols des prés et des champs du fait de la décomposition lente des parties aériennes des arbres tombées au sol. Il y a certainement une

relation entre la teneur élevée en ^{137}Cs des Elaphomyces et celle constatée dans la viande du gibier.

Du point de vue de la radioprotection il n'y a pourtant pas de raison de s'inquiéter car la quantité de champignons sauvages ou de viande de sanglier consommée est faible. La consommation moyenne de gibier par la population Suisse est de 0.8 kg par année (1995/96). Même si une personne consommait dix fois plus que la moyenne Suisse de viande de gibier avec des valeurs de 600 Bq par kg, elle accumulerait une dose annuelle supplémentaire de 0.06 milli-Sivert par année; ce qui correspondrait à moins de 3 % de la dose d'irradiation naturelle de la population suisse hormis le Radon. Pour la chair de l'animal confisqué, mentionné dans le chap.1 avec 7000 Bq de ^{137}Cs par kg, la dose serait pour le même taux de consommation dix fois plus élevée. Les analyses de gibier et de champignons seront poursuivies dans le cadre de la surveillance de la radioactivité car elles sont un moyen efficace pour surveiller l'évolution à long terme.

5.2.5 Litérature

- Ayer, F. et Egli, S. 1991. Les champignons, source de nourriture importante pour des petits mammifères forestiers. Journal forestier Suisse 12:979 – 982.
- Garaudée, S. et al. 2002. Allosteric effects in norbadion A. A clue for the accumulation process of ^{137}Cs in mushrooms? Chemical Communications: 944-945
- OFSP 2002: Völkle, H. et Gobet, M. (Editeurs): Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse. Edition Office fédéral de la santé publique, Division radioprotection, Section surveillance de la radioactivité, chemin du Musée 3, CH 1700 Fribourg.

Remerciements:

Gianfelice Lucchini pour sa précieuse contribution à la recherche des Elaphomyces dans le canton du Tessin ainsi que pour ses notes personnelles sur la forêt de Malvaglia Piantagione.

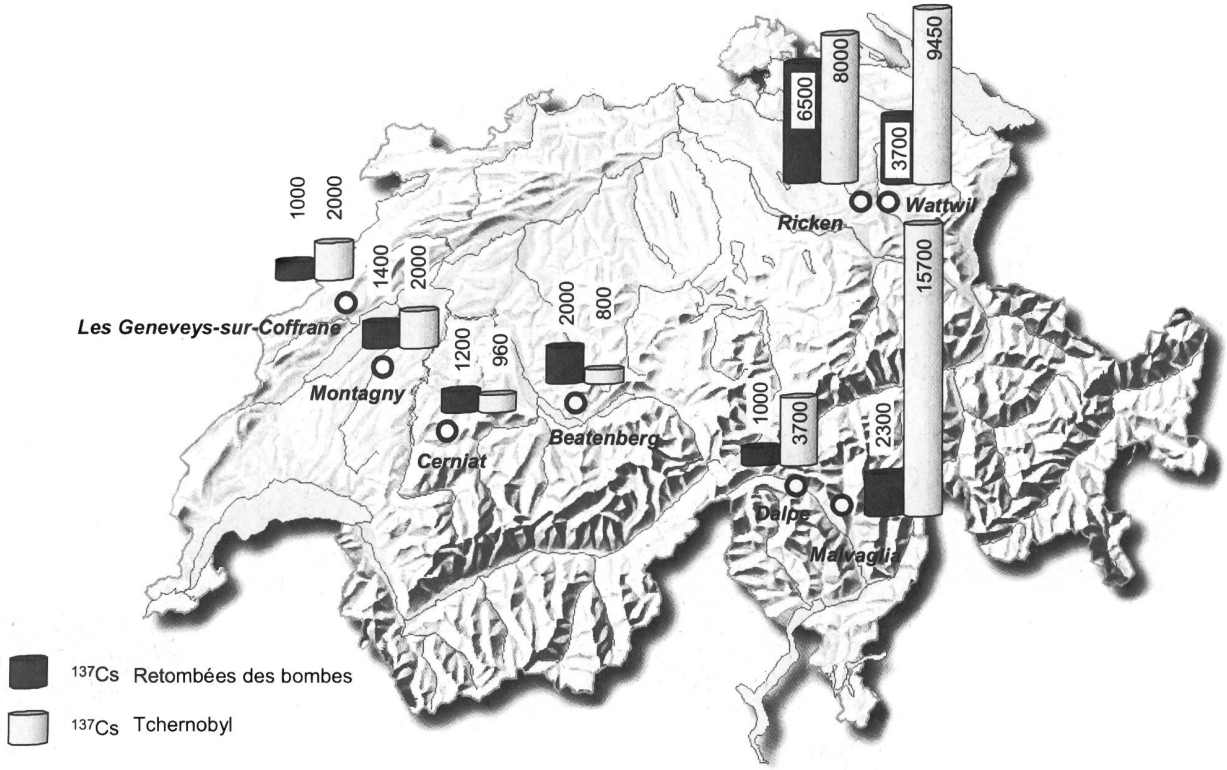


Figure 1
Mesures du ^{137}Cs dans les *Elaphomyces* en Bq/kg MS

Tableau 4
Informations et particularités des sites où ont été faites les récoltes

No	Lieu	Emplacement	Nos WSL du tableau 5	coordonnées
1	**6774 Dalpe/TI**	**Bedrina**	**1-4**	**701.900-149.100**
	Pessière autochtone submontagneuse située à 1250 m d'altitude. Le sol est sec et de configuration fortement bosselée. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par le cerf.			
2	**6713 Malvaglia/TI**	**Piantagione**	**5-7**	**718.700-138.800**
	Forêt en partie artificielle de pins, sapins, bouleaux, peupliers, châtaigniers et chênes située à 360 m d'altitude. La forêt de Piantagione se trouve dans une vallée alluviale. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par le chevreuil ainsi que les campagnols.			
3	**1654 Cerniat/FR**	**Moosboden**	**8-11**	**584.600-171.700**
	Pessière autochtone submontagneuse située 1300 m d'altitude. La récolte des Elaphomyces par le sanglier est attestée par le retournement caractéristique du sol au pied des épicéas. Des restes du champignon hypogé sont d'ailleurs visibles sur le sol ouvert. L'écureuil pratique également la recherche intensive de cet hypogé du printemps à la fin de l'automne dans cette région.			
4	**9630 Wattwil/SG**	**Büntberg**	**12-13**	**724.200-236.500**
	Forêt d'épicéas, sapins blancs et hêtres située à 920 m d'altitude. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par le cerf.			
5	**8726 Ricken/SG**		**14-15**	**720.500-235.700**
	Forêt d'épicéas et sapins blancs située à une altitude de 800 m. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par l'écureuil et les petits mammifères.			
6	**1774 Montagny/FR**	**Réserve mycologique de la Chanéaz**	**16-17**	**566.800-183.200**
	Hêtraie avec une grande proportion de vieux épicéas et quelques pins sylvestres. Le sol moussu, couvert de myrtilles, est très acide. Une zone dévastée successivement par l'ouragan Lothar et décimée par la suite par les bostryches a fait l'objet d'une remise en état par un engin mécanique. A cette occasion, on a constaté la présence de plus de 1000 Elaphomyces dans l'horizon superficiel sur une surface d'un hectare. Les prélèvements ont été effectués dans une zone voisine. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par l'écureuil et les campagnols.			
7	**2206 Les Geneveys-sur-Coffrane/NE**	**Le Louverain**	**18**	**553.900-206.900**
	Il s'agit d'une hêtraie à sapin typique sur sol acide située à 1050 m d'altitude. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par le chevreuil.			
8	**3803 Beatenberg/BE**	**Spirenwald**	**19-21**	**625.700-172.050**
	Forêt submontagneuse d'épicéas autochtones située à 1340 m d'altitude. Selon les traces relevées, récolte des champignons hypogés par l'écureuil et les campagnols.			

Tableau 5
Résultats de ^{134}Cs et ^{137}Cs en Bq par kg (± incertitude statistique 2σ) de matière sèche dans les *Elaphomyces* prélevées

No. WSL	Espèce	Lieu	^{134}Cs Bq/kg	^{137}Cs Bq/kg	Rapport $^{137}Cs/^{134}Cs$	^{137}Cs (*) Bombes	^{137}Cs (*) Tchernobyl	^{137}Cs total (*)
1	EA	6774 Dalpe/TI (Bedrina) PA	7.5 ± 1.0	3760 ± 60	504 ± 70	1000	3700	4700
2	EM		12.8 ± 5.6	5200 ± 110	410 ± 180			
3	EM		13.7 ± 2.7	7100 ± 120	520 ± 100			
4	EA		8.4 ± 3.3	2800 ± 70	335 ± 130			
5	EG	6713 Malvaglia/TI (Piantagione) PA, P, C	34.3 ± 7.1	17400 ± 310	507 ± 100	2300	15700	18000
6	EM		37.2 ± 5.1	17400 ± 340	470 ± 70			
7	EA		44.0 ± 6.5	19300 ± 330	440 ± 70			
8	EG	1654 Cerniat/FR (Moosboden) Mousse	1.4 ± 0.8	1800 ± 30	1240 ± 750	1200	960	2160
9	EM		3.9 ± 2.1	2980 ± 65	760 ± 410			
10	EA		1.3 ± 0.4	1545 ± 25	1200 ± 360			
11	EM		2.4 ± 1.5	2320 ± 45	960 ± 620			
12	EM	9630 Wattwil/SG (Büntberg) PA, AA, F	26.5 ± 2.4	15800 ± 300	590 ± 60	3700	9450	13150
13	EA		17.1 ± 4.5	10500 ± 190	610 ± 160			
14	EG	8726 Ricken/SG PA, AA	24 ± 14	17000 ± 360	700 ± 400	6500	8000	14500
15	EM		13 ± 5	11900 ± 240	940 ± 350			
16	EA	1774 Montagny/FR (Chanéaz)	3.5 ± 0.9	3160 ± 50	900 ± 230	1400	2000	3400
17	EG		5 ± 3	3500 ± 80	660 ± 380			
18	EM	3803 Les Geneveys-sur-Coffrane/NE	5.1 ± 1.0	3040 ± 50	600 ± 120	1000	2000	3000
19	EA	3803 Beatenberg/BE (Spirenwald) PA	2.3 ± 1.0	2050 ± 40	910 ± 390	2000	800	2800
20	EG		2.2 ± 1.3	3230 ± 55	1450 ± 850			
21	EM		2.6 ± 1.7	3230 ± 65	1200 ± 800			

EA = *Elaphomyces asperulus*, EM = *Elaphomyces muricatus*, EG = *Elaphomyces granulatus*;
PA = *Picea abies*; P = *Pinus*; C = *Castaneus*; AA = *Abies alba*; F = *Fagus silvestris*;
*) meilleure valeur estimée