

<b>Zeitschrift:</b>	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
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz
<b>Band:</b>	- (1992)
<b>Rubrik:</b>	Ueberwachung der Kernanlagen : Emissionen und Immissionen

### 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:** 24.12.2025

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

## 4. UEBERWACHUNG DER KERNANLAGEN: EMISSIONEN UND IMMISSIONEN

### Zusammenfassung

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft der Kernkraftwerke Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) und Mühleberg (KKM) sowie des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) lagen deutlich unterhalb der festgelegten Limiten. Die aus den Emissionen des Jahres 1992 errechneten Jahresdosen für Personen der Bevölkerung liegen weit unterhalb des Dosisrichtwertes von 0.2 mSv pro Jahr. Die wichtigsten Ausbreitungspfade von radioaktiven Stoffen in der Umgebung wurden im Rahmen des permanenten Probenahme- und Messprogrammes überwacht. Zusammengefasst ergibt sich folgendes Bild:

In den Stichproben von Erde, Gras, Milch, Getreide, Kartoffeln und Gemüse konnten keine Radionuklide festgestellt werden, die für das Jahr 1992 auf Emissionen aus den Kernanlagen hinweisen. Eine Ausnahme bilden Grasproben, die aufgrund eines Zwischenfalls in der Isotopenproduktion des PSI im Raum Villigen erhoben wurden, und in denen Iod-123 (bis 100 Bq/m<sup>2</sup>) gemessen wurde.

In den kontinuierlich, in der Hauptwindrichtung erhobenen Aerosolproben wurden außer bei Mühleberg wo in einzelnen Monaten Co-60 (bis 0.1 kBq/m<sup>3</sup>) gemessen wurde, keine Erhöhung festgestellt.

In einzelnen Fischproben wurden Spuren von radioaktivem Cäsium nachgewiesen und in einer Barbe aus dem Stausee Niederried Spuren von Co-60. In einigen Sediment- und Wasserpflanzenproben aus der Aare und dem Rhein wurden die Nuklide Cobalt-58 und -60 gemessen.

Die geringen Spuren von künstlichen Radionukliden wie Co-60 in einzelnen Umweltproben weisen auf Abgaben mit der Abluft und dem Abwasser der Kernanlagen hin. Der Einfluss der Abgaben auf die Umgebung ist jedoch sehr gering, die errechenbaren Dosen für die am stärksten exponierten Personen sind um Größenordnungen kleiner als diejenige, die durch die natürliche Strahlung verursacht werden.

Die Ueberwachung der Ortsdosiseleistung in der Umgebung zeigte bei folgenden Anlagen unmittelbar ausserhalb der Umzäunung erhöhte Werte durch Direktstrahlung: bei den Siedewasserreaktoren KKL und KKM aus dem Maschinenhaus oder andern Anlageteilen, beim PSI aus den Abfallagern des Bundes und beim PSI-West zusätzlich durch Neutronen-Streustrahlung der Beschleuniger.

Im Jahre 1992 wurde sowohl beim Paul Scherrer Institut wie bei den schweizerischen Kernanlagen der quellenbezogene Dosisrichtwert für die Umgebungsbevölkerung von 0.3 mSv pro Kalenderjahr durch externe und interne Strahlung nicht überschritten.

In Kapitel 4.4. sind die Radioaktivitätsabgaben des CERN und die entsprechenden Resultate der Umgebungsüberwachung zusammengefasst.

## 4.1. EMISSIONEN AUS DEN KERNANLAGEN (Tabelle 1a bis d)

F. Cartier, A. Leupin, J. Schuler und W. Baur

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 VILLIGEN-HSK

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft und die daraus für die Umgebungsbevölkerung errechneten Personendosis im Jahre 1992 sind für die Kernkraftwerke in Tabelle 1a und für das PSI in Tabelle 1b zusammengestellt. Hinweise über die Berechnungsart und Definitionen sind in den Fussnoten zu diesen Tabellen zu finden. Alle Grenzwerte sind eingehalten worden. Nuklidspezifische Angaben sind der Tabellen 1c über die Abgaben mit dem Abwasser und der Tabelle 1d über die Abluft zu entnehmen. Die Abgaben der Kernkraftwerke wurden wie in den Vorjahren mit vierteljährlichen Stichproben durch die Behörde kontrolliert.

Die errechnete Jahresdosis für Erwachsene wie für Kleinkinder (Alter 1 Jahr) der Umgebungsbevölkerung liegt bei allen Anlagen weit unterhalb des Dosisrichtwertes von 0.2 mSv pro Jahr. Sie ist beim KKB kleiner 0.006 mSv, beim KKM <0.015 mSv, beim KKG <0.004 mSv, beim KKL <0.006 mSv und kleiner 0.008 mSv beim PSI. Der Wert beim KKM wird dominiert (0.011 mSv) durch am Boden abgelagerte Aerosole, die im Jahre 1986 in die Umgebung gelangten (29. KUER-Bericht) und bei in-situ-Gammaspektrometrie Messungen (siehe 4.3.5) auch nachgewiesen wurden. Demgegenüber ist der Dosisbeitrag durch Aerosolabgaben im Jahre 1992 vernachlässigbar und liegt in der Grössenordnung der andern schweizerischen Kernkraftwerke. Der grösste Dosisbeitrag der Abgaben im Jahre 1992 kommt durch Kohlenstoff-14 zustande.

Ergänzend muss bemerkt werden, dass in der Nacht vom 11. auf den 12. Mai 1992 bei einem Zwischenfall in der Isotopenproduktion des PSI-West Xenon-123 freigesetzt wurde ( $3 \cdot 10^{11}$  Bq) und sich in den Raum Villigen-Rüfenach ausbreitete. Das Edelgas Xenon-123 zerfällt mit der Halbwertszeit von 2 Stunden in Iod-123, das seinerseits mit der Halbwertszeit von 13.2 Stunden in Tellur-123 zerfällt. Aufgrund dieses Sachverhaltes wurde Grasproben erhoben und gammaspektrometrisch ausgemessen. Der höchste Werte wurden nördlich von Villigen in ca 1 km Entfernung vom Abgabebereich, dem Kamin der zentralen Abluft gemessen. Er betrug, zurückgerechnet auf den Abgabezeitpunkt, ca 100 Bq/m<sup>2</sup> Gras. Die daraus resultierende Dosis wurde von der externen Strahlung durch die Ablagerung am Boden dominiert. Durch den Zwischenfall wurde keine der damals gültigen Abgabelimiten überschritten und die errechnete Dosis war deutlich kleiner als 0.001 mSv.

Im **Versuchskernkraftwerk Lucens** sind die durch den Bundesratsbeschluss vom 10. Dezember 1990 bewilligten Stilllegungsarbeiten ausgeführt worden. Unter der Aufsicht der HSK sind zwei der drei Kavernen mit Beton verfüllt und ein Drainagesystem zur gezielten Entwässerung des Molassewassers in die Broye in Betrieb genommen worden. In dem an die Broye abgeleiteten Wasser konnten keine künstlichen Radionuklide festgestellt werden. Die Stilllegungsarbeiten werden mit einem einjährigen Beobachtungsprogramm abgeschlossen. Mit dem Beobachtungsprogramm soll die Zweckmässigkeit des Drainagesystems aufgezeigt und die Menge sowie die radiologischen und chemischen Parameter des Drainagewassers bestimmt werden. Die formelle Entlassung des Standortes aus der atomrechtlichen Gesetzgebung kann, bis auf den Lagerplatz für Abfallbehälter, voraussichtlich im Jahre 1994 erfolgen. Diese Behälter enthalten Komponenten des alten Reaktors. Sie sind zusätzlich abgeschirmt worden und werden später in ein Zwischenlager für radioaktive Abfälle überführt.

**Tabelle 1a: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung für das Jahr 1992 und die daraus resultierenden Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung. (Fussnoten am Ende der Tabelle).**

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabegrenzen	Tatsächliche	Berechnete Jahresdosis <sup>2)</sup>	
			(gem. Reglement) <sup>1)</sup> Bq/Jahr	Abgaben <sup>1)</sup> ; (-50%) Bq/Jahr	Erwachsener Sv/Jahr	Kleinkind Sv/Jahr
KKB 1+ KKB 2	Abwasser (52000 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	3,7E+11	1,2E+10	2,8E-07	9,1E-08
		Tritium	7,4E+13	7,2E+12	<1E-08	<1E-08
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	1,1E+15	3,0E+13	2,7E-07	2,7E-07
		Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	5,6E+09	4,1E+06	1,8E-08	1,8E-08
		Jod-131 <sup>6)</sup>	3,7E+09	1,6E+07	<1E-08	3,8E-08
		Kohlenstoff-14 <sup>7)</sup>	--	4,0E+10	1,1E-06	5,3E-06
KKM	Abwasser (8178 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	3,7E+11	1,8E+09	3,3E-07	6,3E-08
		Tritium	1,9E+13	2,0E+11	1E-08	<1E-08
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	2,0E+15 <sup>9)</sup>	3,6E+12	<1E-08	<1E-08
		Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	1,9E+10	1,3E+07	1,2E-05	1,1E-05
		Jod-131 <sup>6)</sup>	1,9E+10	2,1E+07	<1E-08	<1E-08
		Kohlenstoff-14 <sup>7)</sup>	--	2,0E+11	6,8E-07	3,2E-06
KKG	Abwasser (8294 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	1,9E+11	3,4E+06	<1E-08	<1E-08
		Tritium	7,4E+13	1,2E+13	1,2E-08	1,7E-08
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	1,1E+15	4,5E+12	<1E-08	<1E-08
		Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	9,3E+09	6,7E+05	<1E-08	<1E-08
		Jod-131 <sup>6)</sup>	7,4E+09	<4,0E+06	<1E-08	<1E-08
		Kohlenstoff-14 <sup>7)</sup>	--	1,0E+11	6,8E-07	3,2E-06
KKL	Abwasser (20164 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	3,7E+11	1,7E+08	<1E-08	<1E-08
		Tritium	1,9E+13	9,5E+11	<1E-08	<1E-08
	Abluft	Edelgase <sup>4)</sup>	2,2E+15	1,9E+13	2,7E-08	2,7E-08
		Aerosole <sup>5)</sup> (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	1,9E+10	1,9E+06	<1E-08	<1E-08
		Jod-131 <sup>6)</sup>	1,9E+10	6,8E+08	4,1E-08	2,8E-07
		Kohlenstoff-14 <sup>7)</sup>	--	2,3E+11	1,2E-06	5,6E-06

**Tabelle 1b:** Zusammenfassung der Abgaben radioaktiver Stoffe an die Umgebung für das Jahr 1992 und die daraus resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabellen)

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten <sup>1)</sup>			Tatsächliche Abgaben <sup>1), (-50%)</sup>			Berechnete Jahresdosis <sup>2)</sup>					
			Bq/Jahr			Bq/Jahr			Erwachsener Sv/Jahr		Kleinkind Sv/Jahr			
PSI-OST	Abwasser (13660 m <sup>3</sup> )	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	2,0E+11			6,7E+08			<1E-08		<1E-08			
		Tritium	2,0E+13			2,1E+11			<1E-08		<1E-08			
	Abluft	Hochka- min-Ost	Verbren- nungsanl.	Uebrige- Ost	Hochka- min-Ost	Verbren- nungsanl.	Uebrige- Ost	Hochka- min-Ost	Verbren- nungsanl.	Uebrige- Ost	Hochka- min-Ost	Verbren- nungsanl.	Uebrige- Ost	
		Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) <sup>4)</sup>	--	4,0E+12	5,0E+11	--	--	--	--	--	--	--	--	
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (ohne Jod, Halbwertszeit>8 Tage)	1,0E+10	1,0E+09	1,0E+08	--	1,6E+08	1,4E+06	--	1,3E-06	<1E-08	--	2,0E-06	<1E-08
		α-Aerosole <sup>7)</sup>	3,0E+08	5,0E+07	2,0E+06	--	8,9E+05	--	--	1,2E-07	--	--	3,0E-07	--
		Jod (I-131-aeq.) <sup>6)</sup>	3,0E+10	2,0E+09	2,0E+08	6,2E+09	1,1E+06	2,0E+07	2,0E-07	<1E-08	1,3E-07	1,3E-06	<1E-08	8,1E-07
		Tritium <sup>8)</sup>	--	4,0E+12	2,0E+12	7,7E+10	5,3E+10	7,0E+11	<1E-08	1,4E-08	2,9E-07	<1E-08	4,2E-08	8,5E-07
	PSI-WEST	Nuklidgemisch (ohne Tritium) <sup>3)</sup>	--			2,3E+05			<1E-08		<1E-08			
		Tritium	--			2,6E+08			<1E-08		<1E-08			
		Zentr. Ab- luft-West	Doppel- kamin	Uebrige- West	Zentr. Ab- luft-West	Doppel- kamin	Uebrige- West	Zentr. Ab- luft-West	Doppel- kamin	Uebrige- West	Zentr. Ab- luft-West	Doppel- kamin	Uebrige- West	
		Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) <sup>4)</sup>	2,0E+14	5,0E+12	2,0E+12	1,2E+13	3,6E+11	3,1E+10	6,6E-07	3,1E-07	8,5E-08	6,6E-07	3,1E-07	8,5E-08
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (ohne Jod und Be-7, T <sub>1/2</sub> >8 Tage)	2,0E+08	5,0E+07	2,0E+08	6,9E+05	3,4E+05	--	{<1E-08}	{<1E-08}	{<1E-08}	{1,7E-08}	{<1E-08}	{<1E-08}
		β/γ-Aerosole <sup>5)</sup> (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	1,0E+11	--	--	1,4E+08	4,3E+06	3,3E+06	{<1E-08}	{<1E-08}	{<1E-08}	{7,2E-07}	{3,6E-07}	{<1E-08}
		Jod (I-131-aeq.) <sup>6)</sup>	5,0E+09	--	1,0E+08	1,5E+09	8,6E+07	1,1E+06	1,7E-07	7,8E-08	<1E-08	1,1E-07	<1E-08	<1E-08
		Tritium <sup>8)</sup>	6,0E+13	--	2,0E+12	1,0E+10	4,3E+07	5,9E+10	<1E-08	<1E-08	1,1E-07	<1E-08	<1E-08	3,3E-07

**Tabelle 1 c:** Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare und den Rhein, 1992  
 Rejets liquides des installations nucléaires dans l'Aar et le Rhin, 1992  
 (Bq/Jahr; 1E + 12 = 10<sup>12</sup>) (Fussnoten am Ende der Tabellen)

Isotop Isotope	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
H - 3	7.2E + 12	1.2E + 13	9.5E + 11	2.08E + 11	2.1E + 11
Na - 22					7.5E + 7
Na-24	5.5E+8			5.4E+7	
S - 35					3.4E + 7
Cr - 51	1.5E + 8		3.8E + 7	1.5E + 9	
Mn - 54	1.1E + 9		2.3E + 7	3.0E + 8	3.3E + 8
Fe - 59	5.1E + 5				7.3E + 5
Co - 56					2.0E + 5
Co - 57	7.6E + 7				1.8E + 6
Co - 58	2.4E + 10		5.9E + 6	6.5E + 8	2.1E + 6
Co - 60	7.1E + 10	2.3E + 7	1.9E + 8	9.9E + 9	3.4E + 8
Zn - 65	3.9E + 7		2.5E + 9	2.3E + 9	1.1E + 6
Se - 75					6.4E + 5
Rb - 83					4.5E + 7
Rb - 84					2.9E + 6
Sr - 85					1.9E + 6
Sr - 89	1.7E + 8			5.0E + 7	
Sr - 90	6.1E + 7			5.7E + 6	3.3E + 7
Y - 90				5.7E + 6	
Nb - 95	2.6E + 7	5.2E + 4			
Tc - 99m	9.4E + 6				
Ru - 103	4.2E + 5				
Ru - 106					3.0E + 6
Ag - 110m	2.2E + 8				
Sb - 122	1.3E + 8				
Sb - 124	1.8E + 9	2.6E + 6	2.4E + 6		1.2E + 8
Sb - 125	9.3E + 8		4.3E + 6	7.5E+7	7.7E + 7
Te - 121m					3.9E + 4
Te - 123m					7.3E + 4
I - 125					1.1E + 8
I - 131	3.7E + 8		3.4E + 7	4.8E + 5	3.1E + 7
I - 133	2.8E + 8				
Cs - 134	7.9E + 8	2.4E + 5	3.6E + 6	4.1E + 8	5.3E + 6
Cs - 137	6.9E + 9	2.4E + 6	2.5E + 7	1.7E + 9	6.2E+ 7
Ba - 133					4.9E + 6
La - 140	3.1E + 7				
<b>Alpha</b>					
Pu -239/Am-241					2.3E + 6
U -234/U -238					1.0E + 7
Cm - 244					8.0E + 4
Pu -239/Pu-240					6.5E + 6
<b>Total Bq/Jahr<sup>3)</sup> (ohne Tritium)</b>	<b>1.2E + 10</b>	<b>3.4E + 6</b>	<b>1.8E + 8</b>	<b>1.8E + 9</b>	<b>6.7E + 8</b>

**Tabelle 1 d: Gasförmige Abgaben der Kernanlagen, 1992**  
**Rejets gazeux des installations nucléaires, 1992 (Bq/Jahr)**  
(Fussnoten am Ende der Tabellen)

Isotop Isotope	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
<b>Gase / Edelgase 4)</b>					
H - 3 8)					9.0E + 11
C - 11					3.4E + 12
C - 14 7)	4.0E + 10	1.0E + 11	2.3E + 11	2.0E + 11	
N - 13					3.4E + 12
O - 15					1.1E + 13
Ar - 41				3.0E + 9	9.5E + 11
Kr - 85				3.2E + 10	
Kr - 85m	3.7E + 11		7.6E + 9	8.7E + 10	
Kr - 87			3.6E + 9	7.8E + 9	
Kr - 88			3.7E + 9	1.4E + 10	
Kr - 89				1.5E + 11	
Xe - 122					2.3E + 11
Xe - 123					6.1E + 11
Xe - 125					3.6E + 11
Xe - 127					2.5E + 10
Xe - 131m				6.5E + 11	
Xe - 133	6.0E + 12	4.5E + 12	1.5E + 12	2.3E + 11	
Xe - 135	5.3E + 12		3.1E + 12	8.7E + 10	
Xe - 135m			2.7E + 12	1.8E + 11	
Xe - 137				1.3E + 11	
Xe - 138			4.6E + 11	3.4E + 10	
Xe - 133 aeq.				2.9E + 11	
Andere	7.2E + 11				
<b>Total Xe-133 aeq. 4)</b>	<b>3.0E + 13</b>	<b>4.5E + 12</b>	<b>1.9E + 13</b>	<b>3.6E + 12</b>	<b>-</b>
<b>Total Ar-41 aeq. 4)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.2E + 13</b>
<b>Radio-Jod 6)</b>					
I - 122					1.7E + 11
I - 123					1.1E + 11
I - 124					5.1E + 7
I - 125					1.0E + 9
I - 126					3.9E + 7
I - 131	1.6E + 7		6.8E + 8	2.1E + 7	5.8E + 9
I - 133	1.3E + 7				
<b>Total Radiojod 6)</b>	<b>1.6E + 7</b>	<b>&lt; 4E + 6</b>	<b>6.8E + 8</b>	<b>2.1E + 7</b>	<b>7.8E + 9</b>

Zu Tabelle 1 d: Fortsetzung

Gastförmige Abgaben der Kernanlagen (1992) (Bq/Jahr)

Isotop Istotope	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
<b>Aerosole 5)</b>					
Be - 7					8.0E + 6
Na - 24					3.3E + 6
Cr - 51				9.5E + 5	
Mn - 54			7.9E + 4		3.3E + 5
Co - 58				2.2E + 4	
Co - 60	2.1E + 6	6.7E + 5	6.4E + 4	3.0E + 6	1.7E + 6
Zn - 65				1.3E + 6	2.9E + 7
Se - 75					2.8E + 4
Br - 82					1.0E + 8
Sr - 89				2.8E + 5	
Sr - 90				2.6E + 4	
Zr - 95					
Nb - 95				1.0E + 4	
Ru - 103			2.2E + 4		1.7E + 4
Ru/Rh-106					4.4E + 6
Ag - 110m					5.9E + 6
Sb - 125				3.4E + 5	2.8E + 6
Te - 121					2.2E + 7
Te - 121m					6.6E + 6
Te - 123m					7.7E + 6
Te - 125m					7.2E + 7
Cs - 134				2.9E + 5	4.7E + 5
Cs - 137	2.1E + 6	2.9E + 3	1.9E + 4	3.3E + 6	8.1E + 6
Ba - 140			1.7E + 6	3.1E + 6	
La - 140			2.5E + 6		
Ce - 141			2.3E + 4		
Hg - 193m					3.4E + 7
Hg - 195					1.7E + 5
Hg - 195 m					4.5E + 6
Hg - 197 m					4.5E + 6
Po - 210					8.9E + 5
<b>Total Aerosole 5)</b>	<b>4.1E + 6</b>	<b>6.7E + 5</b>	<b>1.9E + 6</b>	<b>1.3E + 7</b>	<b>1.6E + 8</b>

## Fussnoten zu Tabelle 1

- 1) "Reglement über die Abgaben radioaktiver Stoffe aus dem Kernkraftwerk ... und über die Umgebungsüberwachung" für die Kernkraftwerke resp. "Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und deren Überwachung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)". Die Abgabelimiten werden so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0.2 mSv/Jahr bleibt. Die Messung der Abgaben erfolgt nach den Erfordernissen des Reglementes und nach Weisungen der HSK. Die Messgenauigkeit beträgt ca.  $\pm$  50 %. Bei einigen Stoffgruppen und Abgabestellen des PSI wird auf die Festlegung von Jahresabgabelimiten verzichtet, da auch bei dauernder Ausschöpfung der Kurzzeitabgabelimiten die resultierende Dosis unbedeutend klein ist.
- 2) Berechnete Jahresdosis (effektive Dosis) für Personen, die sich dauernd am kritischen Ort aufhalten, ihre gesamte Nahrung von diesem Ort beziehen und ihren gesamten Trinkwasserbedarf aus dem Fluss unterhalb des Werkes resp. des PSI decken (Wasserführung der Aare in Mühleberg  $3,8 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/Jahr, in Gösgen  $9,0 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/Jahr, in Würenlingen (PSI) und in Beznau  $1,8 \cdot 10^{10}$  m<sup>3</sup>/Jahr und des Rheines in Leibstadt  $3,3 \cdot 10^{10}$  m<sup>3</sup>/Jahr). Dosiswerte kleiner als 1,0E-08 Sv - entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in einigen Minuten akkumuliert wird - werden nicht angegeben.
- 3) Abwasserabgaben in Bq/Jahr normiert auf einen C<sub>w</sub>-Wert von  $10^{-4}$  Ci/m<sup>3</sup> =  $3,7 \cdot 10^6$  Bq/m<sup>3</sup> nach SSVO.
- 4) C<sub>A</sub>= $3,7E+05$ Bq/m<sup>3</sup>-Äquivalente respektive Argon-41-Äquivalente beim PSI, berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Nuklide pro Jahr. Bei der Berechnung der Dosis durch Immersion wurden die Abschirmeffekte durch Aufenthalt in Häusern berücksichtigt. Für den Abschirmfaktor im Haus wurde 0.2 angesetzt, für die Aufenthaltszeit im Freien 40 Stunden pro Woche.
- 5) Die Dosisberechnung beruht auf der Annahme homogener Abgaben während des Jahres. Der Beitrag der Immissionen längerlebiger Nuklide aus früheren Jahren durch Aerosol-Ablagerungen am Boden (Bodenstrahlung) und Aufnahme über die Nahrung zur Dosis des Berichtsjahres wurde berücksichtigt. Der Dosisbeitrag von Aerosolen mit Halbwertszeiten kleiner 8 Tagen ist bei den Kernkraftwerken vernachlässigbar. Beim PSI-West spielen allenfalls die extrem kurzlebigen Aerosole für die Inhalations- und Immersionsdosis sowie für die Dosis aus der Bodenstrahlung eine Rolle. Unter sehr konservativen Annahmen errechnet sich ein Beitrag von ca. 50% zur gesamten Aerosoldosis. Beim KKM ergibt sich der Hauptbeitrag zur Dosis durch die Bodenstrahlung von Aerosolen, die im Jahre 1986 durch eine unkontrollierte Abgabe in die Umgebung gelangten. Der Dosisbeitrag, der durch Aerosolabgaben im Berichtsjahr verursacht wurde, ist demgegenüber vernachlässigbar und liegt in der Größenordnung der anderen schweizerischen Kernkraftwerke.
- 6) Jod-131-Äquivalente pro Jahr berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Iod-Nuklide, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von I-131 ergibt. Beim Jod wurde wiederum auch Ingestion über Gemüse und Fleisch berücksichtigt. Dies ergibt gegenüber der reinen Milchingestion eine Erhöhung der Dosis um ca. einen Faktor 1.5 für Kleinkinder und einen Faktor 3 für Erwachsene.
- 7) Die angegebenen Abgaben von C-14 basieren mit Ausnahme des KKL (gemessene Werte) auf Abschätzungen der HSK basierend auf temporären Messungen in den Anlagen in früheren Jahren.
- 8) Es wurde angenommen, dass das Tritium in der Abluft in der Form von tritiertem Wasser (HTO) abgegeben wurde.
- 9) Angegeben ist der neue Abgabegrenzwert für Edelgase gemäss Betriebsbewilligung vom Dezember 1992.

## 4.2. ORTSDOSISLEISTUNG IN DER UMGEBUNG DER KERNANLAGEN (Tabelle 2a und b; Figur 1)

F. Cartier, A. Leupin, J. Schuler und W. Baur

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 VILLIGEN-HSK

Ch. Murith Section de surveillance de la radioactivité (SUER)  
Office fédéral de la Santé Publique, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Die Ueberwachung der externen Strahlung in der Umgebung der Kernanlagen erfolgt durch

- Gamma-Dosimeter der Werke und der SUER (TLD an bis 40 Stellen in der Umgebung und zusätzlich ca 20 Stellen entlang der Umzäunung). Beim PSI-West werden zusätzlich Neutronendosimeter eingesetzt.
- Ionisationskammern, die an 1 bis 2 Stellen pro Werk die Gamma-Ortsdosisleistung kontinuierlich registrieren. Pro Werk ist zusätzlich eine NADAM Sonde in Betrieb.
- einer jährlichen Messfahrt mit Ionisationskammern in der KKW-Umgebung.
- In-situ-Messungen mit einem tragbaren Germaniumdetektor (siehe 4.3.5).

Tabelle 2a zeigt einen Vergleich der verschiedenen Messmethoden, in dem die Jahreswerte der externen Dosisbeiträge berechnet wurden. Das Verhältnis NADAM-Sonden zu Ionisationskammern (Reuter&Stockes) beträgt 1.3, das der TLD 0.9 mit einer Streuung von  $\pm 0.1$ .

Tabelle 2a: Jährliche externe Dosisbeiträge (mSv/Jahr); Vergleich der Messmethoden

KKM	Ufem Horn	Niederruntigen	Salvisberg	Vita Parcours
TLD (KKM)	0.84	0.72	0.72	0.94
TLD (SUER)	0.91	0.81	0.79	0.98
NADAM (NAZ)	-	1.17	-	-
RSS (DSN)	0.99	0.90	-	-

KKG	Niedergösgen	Obergösgen	Aarau	Dulliken
TLD (KKG)	0.65	0.69	0.67	0.74
TLD (SUER)	0.66	0.63	0.65	0.75
NADAM (NAZ)	0.97	-	-	-
RSS (DSN)	0.72	-	-	-

KKL	Leibstadt	Full	Reuenthal	Schwaderloch
TLD (KKL)	0.69	0.75	0.58	0.65
TLD (SUER)	0.66	0.75	0.56	0.60
NADAM (NAZ)	0.99	-	-	-
RSS (DSN)	0.74	0.80	-	-

KKB/PSI	WKKW Beznau	Böttstein	PSI-OASE	Villigen
TLD (KKB/PSI)	0.67	0.76	0.79	0.69
TLD (SUER)	0.67	0.72	0.70	0.65
NADAM (NAZ)	1.00	-	1.10	-
RSS (DSN)	0.73	-	-	-

Entlang der Umzäunung der Kernanlagen ergaben sich am meistbetroffenen Ort folgende Netto-Ortsdosen im Jahre 1992: KKB und KKG <0.1 mSv; KKL 2 mSv; KKM 1 mSv; PSI 3.6 mSv. Die Werte liegen alle unterhalb des SSVO-Grenzwertes von 0.1 mSv pro Woche respektive 5 mSv pro Jahr. Die Ortsdosiserhöhungen ergeben sich durch Direktstrahlung aus dem Maschinenhaus oder andern Anlageteilen bei den Siedewasserreaktoren KKL und KKM sowie aus den Abfalllagern des Bundes beim PSI und zusätzlich durch Neutronen-Streustrahlung der Beschleuniger beim PSI-West, wo in einem Punkt in der Entfernung von 200 Metern eine Neutronen-Ortsdosis von ca. 0.14 mSv gemessen wurde (Tabelle 2b). Da in diesen Bereichen niemand wohnt und die Aufenthaltszeiten beim Spazieren, Fischen oder Arbeiten auf dem Feld kurz sind, betragen die akkumulierten Personendosen nur ein Bruchteil der gemessenen jährlichen Ortsdosen am Zaun.

**Tabelle 2b: Neutronen-Dosen in der Umgebung des PSI-West im Jahre 1992**

Ort / Gebäude <sup>1)</sup>		Neutronen-Dosen ( $\mu\text{Sv}$ )					
		1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	Summe	Netto <sup>2)</sup>
<b>PSI-Süd</b>	(350m; 100°)	11	16	18	11	56	--
<b>Tüeliboden</b>	(400m; 310°)	12	12	12	9	45	--
<b>Förderband</b>	(700m; 210°)	13	9	12	10	44	--
<b>Scheune Schödler</b>	(200m; 270°)	17	51	51	16	135	87
<b>Gästehaus</b>	(250m; 20°)	14	15	19	11	59	--
<b>Villigen</b>	(1300m; 210°)	11	11	9	12	43	--

- 1) In Klammern Distanz und Richtung vom Beschleuniger (Nord = 0°, Ost = 90°)
- 2) Angegeben werden Werte, die im Jahr mindestens 20  $\mu\text{Sv}$  über dem Vergleichswert von Gebenstorf (42  $\mu\text{Sv}$ ) liegen.

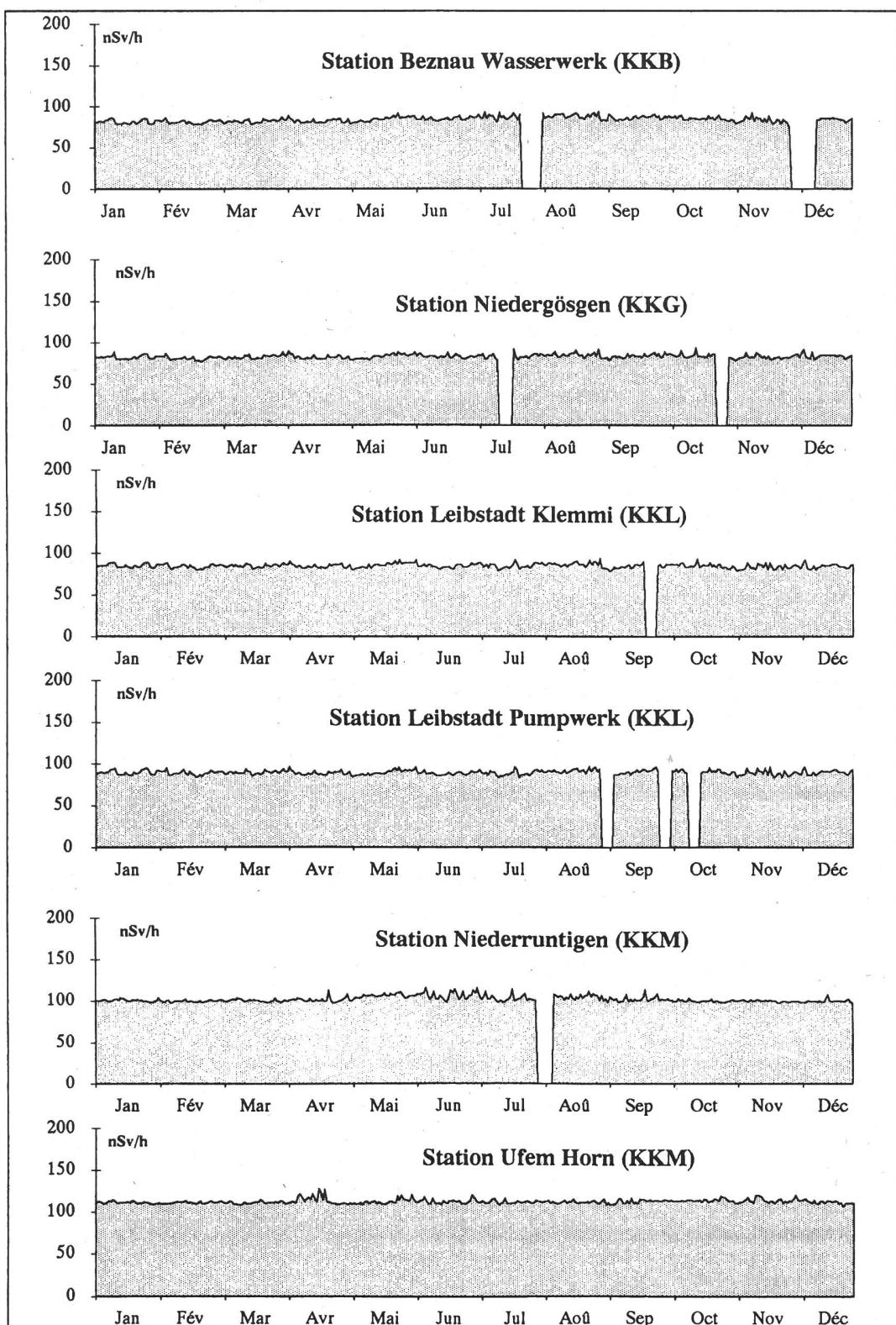
Aufgrund der Gamma-Dosimeter in der Umgebung, die quartalsweise ausgewertet werden, lässt sich schliessen, dass zusätzliche jährliche Netto-Dosen durch allfällige Abgaben der Kernkraftwerke oder des Paul Scherer Institutes kleiner als 0.05 mSv waren. Die berechneten Jahresmittelwerte lassen keine Ortsdosiserhöhungen im Vergleich zu den Jahren vor 1986 erkennen.

Während den jährlichen Messfahrten der SUER und der HSK wurde die Ortsdosisleistung mit Ionisationskammern an jeweils 32 Orten in der Umgebung der Kernkraftwerke gemessen. Umgerechnet auf die jährliche Ortsdosis ergeben sich nachstehende Werte. Die Abweichungen gegenüber den Vorjahren liegen im Bereich der Variationen der natürlichen Strahlung.

	Mittelwert, mSv/Jahr	Wertebereich, mSv/Jahr
Umgebung KKM	$0.88 \pm 0.10$	0.74 bis 0.99
Umgebung KKG	$0.74 \pm 0.06$	0.63 bis 0.89
Umgebung KKL	$0.75 \pm 0.10$	0.60 bis 0.88
Umgebung KKB/PSI	$0.81 \pm 0.06$	0.68 bis 0.90

In Figur 1 sind die kontinuierlichen Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke in Form von Tagesmitteln dargestellt. Die Messtellen stehen in der Hauptwindrichtung in ca 1 km Entfernung. Die Ergebnisse zeigen die witterungsbedingte Variation der natürlichen Strahlung. Die Tagesmittelwerte sind aus 1-Minuten-Messwerten, die im Jahre 1992 nie auf erhöhte Aktivitätsabgaben der Kernanlagen hinwiesen, berechnet worden.

**Fig.1: Tagesmittelwerte der Ortsdosisleistung in der Umgebung der KKW 1992**



## 4.3. ENVIRONNEMENT DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

**Ch. Murith** Section de surveillance de la radioactivité (SUER)  
Office fédéral de la Santé Publique, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

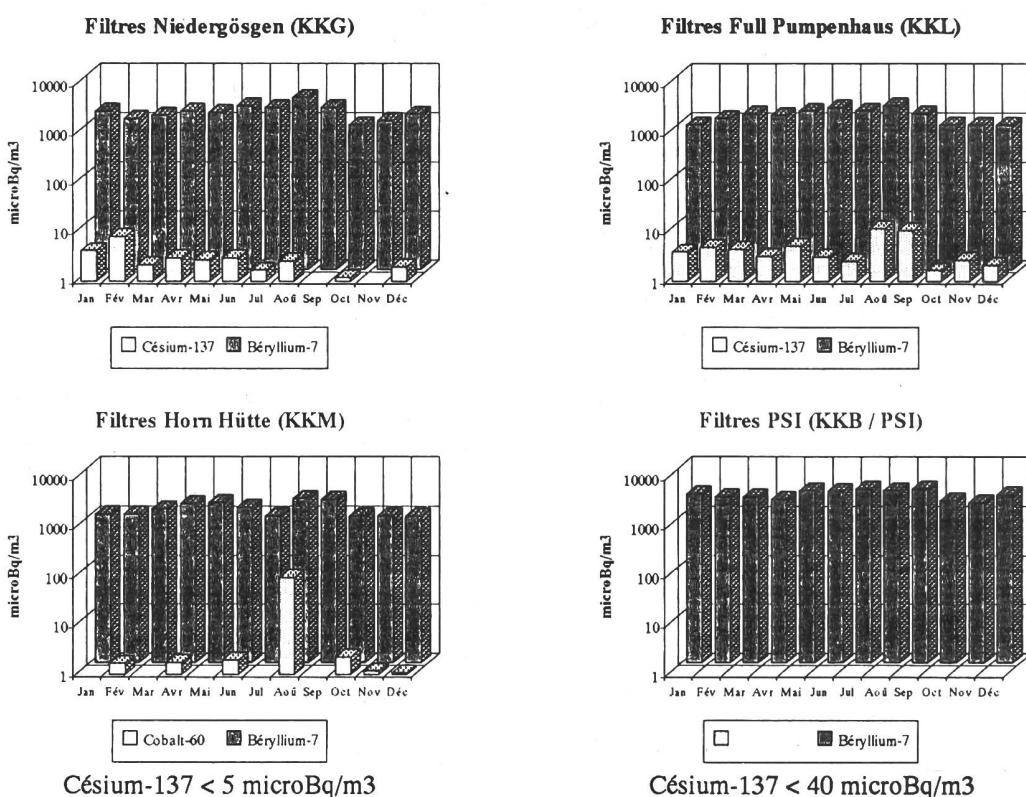
### Résumé

*La surveillance de l'environnement des installations nucléaires est réalisée par des contrôles permanents du milieu récepteur principalement au niveau du rayonnement ambiant (voir 4.2), des activités des poussières atmosphériques, des précipitation et des eaux. Cette surveillance permanente est complétée par un suivi radio écologique annuel comprenant des mesures régulières de la radioactivité sur quelques indicateurs judicieusement choisis dans les milieux terrestre et aquatique, y compris dans les denrées alimentaires.*

#### 4.3.1 Surveillance de la radioactivité de l'air

La surveillance des rejets atmosphériques des centrales nucléaires suisses se base sur des installations à filtres fixes, évalués mensuellement par la SUER (KKM, KKG, KKL) et par le PSI (KKB/PSI). Le suivi 1992 des activités des aérosols est présenté dans la figure 2. On y constate que la part du  $^{7}\text{Be}$  cosmique prédomine. Les injections artificielles proviennent avant tout de la remise en suspension d'une partie de l'activité déposée au sol en 1986. A cela s'ajoute le césium issu du réservoir stratosphérique qu'alimentent les essais nucléaires passés.

**Figure 2: Activité en  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  des aérosols collectés mensuellement**  
Erreur typique:  $^{7}\text{Be}$  ( $\pm 20\%$ );  $^{137}\text{Cs}$  ( $\pm 40\%$ )

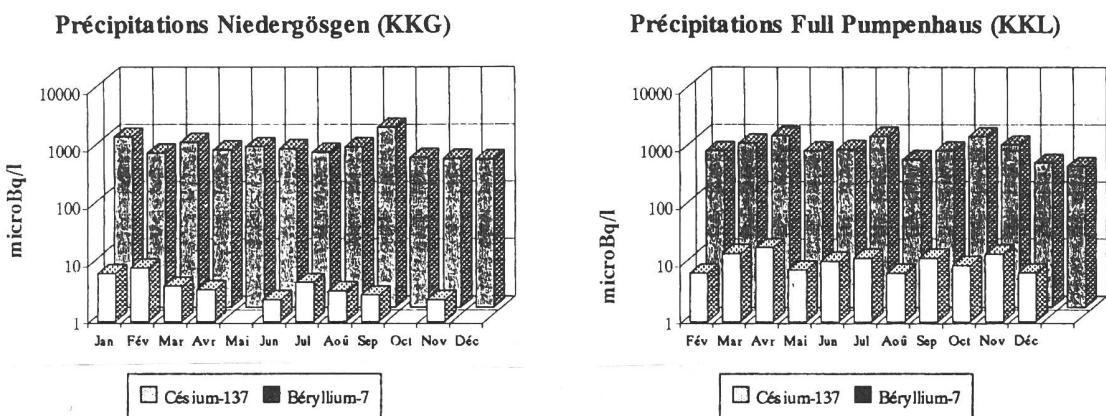


Seul un apport de cobalt-60 à la station "Horn Hütte" en août incombe partiellement au rejet de l'air non-filtré de la salle des machines durant la période de révision, soit  $5 \text{ mBq/m}^3$   $^{60}\text{Co}$  à la cheminée selon le bilan de l'exploitant. Le rejet global correspondant pour cette période de 28 jours est inférieur à 0.2 % de la limite hebdomadaire ( $1.9 \times 10^9 \text{ Bq/semaine}$ ). Aucun impact de ce rejet n'a pu être décelé dans les mesures additionnelles de l'herbe et du sol de la station "Horn Hütte" (voir. 4.3.4).

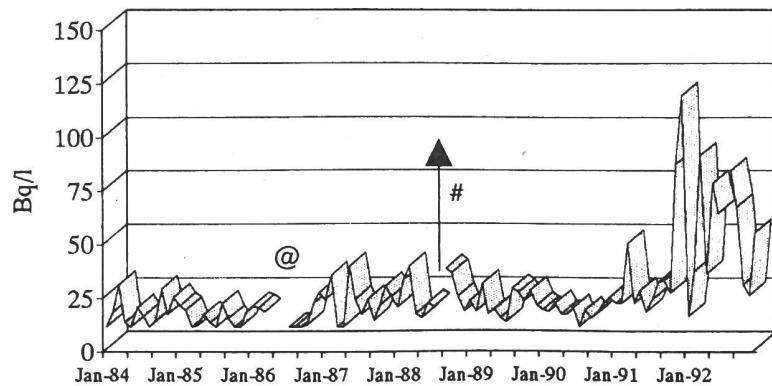
#### 4.3.2 Surveillance des précipitations

La surveillance des rejets atmosphériques et de leur dépôt s'opère également par l'analyse mensuelle des précipitations et des poussières collectées sur plaque de vaseline. La figure 3 montre le suivi mensuel de l'activité gamma dans les précipitations examinées par la SUER. On observe les variations dues au beryllium-7 naturel qui prédomine ainsi qu'à la resuspension des anciennes contaminations. Ces mesures n'ont signalé aucune contribution attribuable aux rejets des centrales nucléaires suisses en 1992. Les résultats de la surveillance de la teneur en tritium des précipitations auprès de l'Institut Paul Scherrer (PSI), présentés dans la figure 4, montrent une tendance à l'augmentation.

**Figure 3: Activité en mBq/l dans les précipitations**



**Figure 4: Suivi de l'activité Tritium dans les précipitations de la station PSI**



@ : Tchernobyl : pas de mesure Tritium

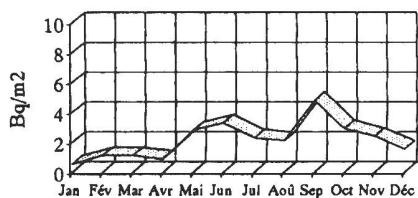
# : Début septembre 1988: valeur accrue (550 Bq/l) due au conditionnement des déchets tritium de l'OFSP.

Dans le souci de compléter et d'uniformiser la surveillance des précipitations, la SUER et la DSN prévoient l'installation en 1993 de pluviomètres à grande surface à Mühleberg, Beznau et au PSI. Outre l'analyse gamma des précipitations, il est prévu d'en suivre la teneur en tritium.

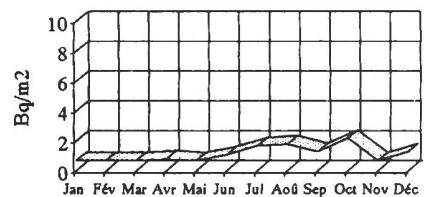
Concernant les dépôts sur plaques de vaseline, la figure 5 rassemble les résultats des mesures de l'activité bêta totale effectuées par les exploitants. Si l'on excepte l'influence de l'exploitation de la station d'incinération du PSI, aucune contribution notable des centrales nucléaires n'est à signalée.

**Figure 5: Activité bêta totale en  $\text{Bq}/\text{m}^2$  déposée sur plaque de vaseline**

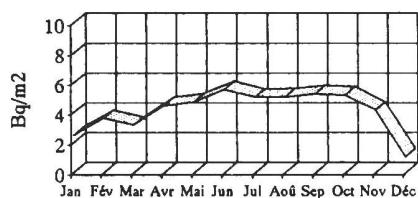
**Plaque de vaseline : Niedergösgen (KKG)**



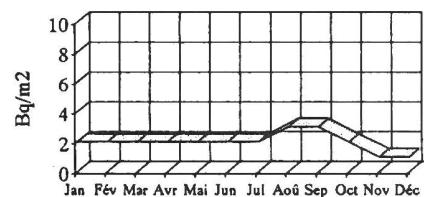
**Plaque de vaseline : Ufem Horn (KKM)**



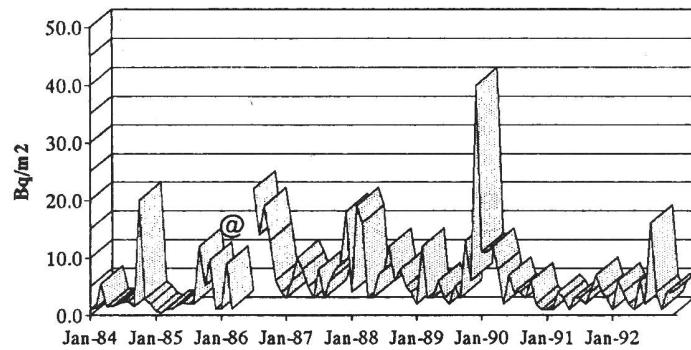
**Plaque de vaseline : Full Pumpenhaus (KKL)**



**Plaque de vaseline : Beznau WKW (KKB)**



**Plaque de vaseline : PSI-NORD**



@ : Tchernobyl : pas de mesure bêta totale

### 4.3.3 Surveillance du milieu aquatique et de son écosystème

La surveillance des rejets liquides des centrales nucléaires porte sur les cours d'eau ainsi que leur flore et faune aquatique. Le suivi mensuel de l'activité bêta totale dans l'Aar et le Rhin n'a signalé aucune augmentation dans les échantillons prélevés en aval des centrales nucléaires par rapport à ceux prélevés en amont. Les valeurs mensuelles ont toujours été inférieures à 0.2 Bq/l. Les résultats supplémentaires de la surveillance du milieu aquatique et de son écosystème auprès des centrales nucléaires figurent au chapitre 3.4. A l'aval des sites, certains radio-isotopes tels que  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ , présents dans les rejets liquides des centrales, sont décelables dans les indicateurs que constituent les végétaux aquatiques et les sédiments, comme le montre le tableau 1.

Tab. 1: Activité artificielle en Bq/kg dans l'écosystème aquatique; mesures EAWAG

KKB/PSI		Date	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$
<b>Végétaux</b>	Aar	15.9.92	$19\pm 4.0$	<1.0	$6.1\pm 1.9$	<1.4
	Stausee Klingnau	7.4.92	$9.4\pm 2.6$	<0.8	<1.0	<0.8
<b>Sédiments</b>	Stausee Klingnau	15.9.92	$18\pm 1.0$	$2.7\pm 0.4$	$27\pm 1.0$	<0.3
<b>Poissons</b>	Stausee Klingnau	5.3.92	<0.3	<0.2	<0.2	<17
	Stausee Klingnau	12.10.92	$1.3\pm 0.3$	<0.1	<0.1	<0.1
KKG		Date	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$
<b>Végétaux</b>	Aar en aval	24.3.92	$6.1\pm 1.1$	<0.4	$2.7\pm 0.7$	<0.4
<b>Sédiments</b>	Aar en amont	23.4.92	$5.7\pm 1.0$	<0.3	<0.1	<0.3
	Aar en amont	27.10.92	$12\pm 1$	$1.9\pm 0.2$	$1.4\pm 0.1$	<0.1
	Aar en aval	24.3.92	$6.6\pm 0.8$	<0.2	<0.3	<0.2
<b>Poissons</b>	Aar en aval	29.3.92	<0.6	<0.4	<0.5	<0.4
	Aar en aval	27.9.92	<1.6	<0.7	<0.8	<0.7
KKL		Date	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$
<b>Végétaux</b>	Rhin en aval	30.10.92	$13\pm 9$	<3.4	$300\pm 20$	$150\pm 20$
<b>Sédiments</b>	Rhin en amont	13.3.92	$25\pm 2$	$3.5\pm 0.5$	$10\pm 1$	<0.2
	Rhin en amont	30.10.92	<30	<0.2	$4.0\pm 0.4$	<0.2
	Rhin en aval	13.3.92	$24\pm 1$	$2.8\pm 0.3$	$7.5\pm 0.6$	<0.2
	Rhin en aval	30.10.92	<2.8	<1.4	<1.9	<2.6
<b>Poissons</b>	Rhin en aval	21.3.92	<0.3	<0.2	<0.2	<0.2
	Rhin en aval	18.4.92	$0.8\pm 0.2$	<0.1	<0.1	<0.1
	Rhin en aval	16.5.92	$2.0\pm 0.7$	<0.2	<0.3	<0.3
	Rhin en aval	31.7.92	$0.7\pm 0.3$	<0.1	<0.1	<0.1
	Rhin en aval	11.10.92	<0.6	<0.4	<0.4	<0.3
KKM		Date	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$
<b>Végétaux</b>	Stausee	21.5.92	$14\pm 4$	<1.3	$66\pm 5$	<1.7
	Niederried	8.10.92	<2.5	<2.0	$230\pm 15$	$10\pm 1$
<b>Sédiments</b>	Wohlensee (en amont)	21.5.92	$7.5\pm 0.9$	<0.2	<0.3	<0.4
		8.10.92	$3.3\pm 0.5$	<0.2	<0.2	<0.2
	Stausse Nieder- ried (en aval)	21.5.92	$24\pm 1$	$3.9\pm 0.3$	$20\pm 1$	$1.2\pm 0.3$
		8.10.92	$23\pm 2$	$4.7\pm 0.6$	$24\pm 1$	<0.3
<b>Poissons</b>	Stausee	14.4.92	$0.6\pm 0.3$	<0.1	$1.1\pm 0.2$	<0.1
	Niederried	12.9.92	$1.8\pm 0.2$	$0.3\pm 0.1$	<0.1	<0.1

#### 4.3.4. Surveillance du milieu terrestre

La surveillance du milieu terrestre vient compléter les dispositifs fixes de surveillance déjà mentionnés par des contrôles réguliers de l'herbe et du sol en quelques sites de référence. Ces contrôles permettent de suivre l'évolution des contaminations et de vérifier que les rejets annuels n'entraînent une accumulation à long terme de certains radionucléides. Cette surveillance a d'autant plus importance que l'herbe et le sol constituent l'ultime maillon avant le transfert à la chaîne alimentaire. Les activités dans l'herbe et le sol du voisinage des centrales nucléaires restent comparables à celles des sites de référence du Plateau suisse. Outre les concentrations habituelles en radionucléides naturels, on y décèle encore surtout les marqueurs de Tchernobyl, principalement  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{134}\text{Cs}$  ainsi que les traces des essais nucléaires passés,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{90}\text{Sr}$  (voir chap. 3.6.). Si l'on excepte les activités résiduelles de  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{134}\text{Cs}$ , témoins de la fuite survenue à la centrale nucléaire de Mühleberg en septembre 1986, l'écosystème terrestre n'est pas marqué par les rejets des centrales suisses. Les tableaux 2 à 6 rendent compte de "l'état de lieux" 1992 dans l'herbe et le sol de leur voisinage.

**Tableau 2: Activité en Bq/kg matière sèche des radionucléides du sol et de l'herbe**

KKM	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
Sol (0-5cm)	Bq/kg	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Niederruntigen	8.7.92	<20	27±2	630±20	29±1	3.2±0.3	5.6±0.4
Ufem Horn	8.7.92	<20	27±2	680±20	19±1	1.5±0.3	1.0±0.3
Salvisberg	8.7.92	<30	32±2	630±20	14±1	0.4±0.3	<0.8
Herbe (1m <sup>2</sup> )	Bq/kg	--	$^{7}\text{Be}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Niederruntigen	8.7.92	--	130±40	980±50	<5	<3	<3
Ufem Horn	8.7.92	--	170±50	1000±60	<7	<3	<4
Salvisberg	8.7.92	--	180±40	580±40	<5	<3	<3
Niederruntigen	1.10.92	--	160±30	1100±60	<3	<3	<4
Ufem Horn	1.10.92	--	80±20	1200±60	<5	<3	<4
Salvisberg	1.10.92	--	150±30	720±50	<5	<3	<4

**Tableau 3: Activité en Bq/kg matière fraîche des radionucléides du sol et de l'herbe**  
(mesures additionnelles à celles du plan de prélèvement)

Sol	Bq/kg	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Horn Hütte 20.11.92	(0-5 cm)	<30	20±2	460±20	12±1	0.8±0.2	< 0.6
Herbe (1m <sup>2</sup> )	Bq/kg	--	$^{7}\text{Be}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Horn Hütte 20.11.92	--	--	390±20	680±40	6±2	<2	<3
Niederruntigen	durant la révision 24.7.92	--	70±5	220±20	<2	<1	<1
Ufem Horn		--	50±5	220±20	<2	<1	<1
Salvisberg		--	120±10	180±10	<2	<1	<1
Rewag		--	120±10	180±10	<2	<1	<1

Les mesures additionnelles du laboratoire cantonal de Berne sur 5 échantillons d'herbe prélevés dans le voisinage immédiat de la CN de Mühleberg ont donné des activités inférieures à 4 Bq/kg pour le Cs-134 et le Cs-137 resp. inférieures à 5 Bq/kg pour le Co-60 et 10 Bq/kg pour le Zn-65.

Tableau 4: Activité en Bq/kg matière sèche des radionucléides du sol et de l'herbe

KKG	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
-----	-------------------------	--	--	--	----------------------------	--	--

Sol (0-5cm)	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
Niedergösgen	8.7.92	<30	29±2	410±20	38±2	1.6±0.2	<0.7
Obergösgen	8.7.92	<25	27±2	340±20	37±2	2.0±0.3	<0.7
Aarau Schachen	8.7.92	<30	25±2	370±20	17±1	0.7±0.2	<0.7
Starrkirch	8.7.92	<30	32±2	390±20	44±2	2.2±0.3	<0.8

Herbe (1m <sup>2</sup> )	Bq/kg	--	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
Niedergösgen	8.7.92	--	160±50	570±50	<7	<3	<4
Obergösgen	8.7.92	--	140±40	220±30	<5	<3	<4
Aarau	8.7.92	--	100±30	510±30	<3	<2	<3
Starrkirch	8.7.92	--	130±50	500±40	<4	<3	<3
Niedergösgen	1.10.92	--	<70	1200±70	<7	<3	<4
Obergösgen	1.10.92	--	190±30	320±40	4.6±2.2	<3	<4
Aarau	1.10.92	--	140±30	680±50	<6	<3	<4
Starrkirch	1.10.92	--	190±30	460±40	3.2±2.1	<3	<4

KKL	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
-----	-------------------------	--	--	--	----------------------------	--	--

Sol (0-5cm)	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
Bernau Zoll	29.6.92	<30	23±2	340±20	88±2	5.2±0.4	<0.8
Schwaderloch	29.6.92	30±10	24±2	290±10	128±3	7.3±0.5	<0.8
Full	29.6.92	40±10	27±2	370±20	46±2	2.5±0.4	<0.8
Reuenthal	29.6.92	30±10	23±2	320±10	74±2	4.4±0.2	<0.7

Herbe (1m <sup>2</sup> )	Bq/kg	--	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
Bernau Zoll	29.6.92	--	130±30	480±40	<4	<3	<4
Schwaderloch	29.6.92	--	80±20	390±40	<5	<2	<3
Full	29.6.92	--	140±20	580±40	<4	<2	<3
Reuentahl	29.6.92	--	130±30	470±40	<4	<3	<5
Bernau Zoll	15.9.92	--	150±30	880±60	<7	<4	<5
Schwaderloch	15.9.92	--	340±40	730±50	<5	<3	<5
Full	15.9.92	--	230±50	1100±90	<10	<3	<7
Reuenthal	15.9.92	--	350±40	540±50	<5	<3	<4

Tableau 5: Activité en Bq/kg matière sèche des radionucléides du sol et de l'herbe

KKB/PSI	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
Sol (0-5cm)	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
<b>Beznau</b>	29.6.92	40±10	30±2	340±20	57±2	3.7±0.4	<0.7
<b>PSI-Ost</b>	29.6.92	40±10	30±2	320±20	55±2	3.1±0.4	0.6±0.3

Herbe (1m <sup>2</sup> )	Bq/kg	--	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
<b>Beznau</b>	29.6.92	--	80±20	300±30	<4	<4	<3
<b>PSI-Ost</b>	29.6.92	--	160±30	1000±60	<7	<4	<7
<b>Würenlingen</b>	29.6.92	--	120±20	910±40	<4	<2	<3
<b>Döttingen</b>	29.6.92	--	150±30	1000±60	<8	<3	<4
<b>Leuggern</b>	29.6.92	--	180±30	980±50	<7	<3	<4
<b>Villigen</b>	29.6.92	--	170±30	750±50	<7	<3	<4
<b>Beznau</b>	15.9.92	--	100±40	710±60	<10	<4	<6
<b>PSI-Ost</b>	15.9.92	--	250±50	1100±100	<10	<5	<6
<b>Würenlingen</b>	15.9.92	--	330±40	710±60	<6	<3	<5
<b>Döttingen</b>	15.9.92	--	210±40	1100±80	<10	<5	<6
<b>Leuggern</b>	15.9.92	--	320±30	610±50	<6	<3	<4
<b>Villigen</b>	15.9.92	--	250±50	1500±100	<10	<5	<6

Ces résultats montrent que le sol plutôt que l'herbe constitue un bon réservoir, témoin de notre patrimoine radioactif. Il s'avère cependant bien difficile d'interpréter les fluctuations des contaminations artificielles d'une année à l'autre sur la seule base des échantillons du plan de prélèvement, n'impliquant que des couches de 0 - 5 cm. L'information qui en résulte est très ponctuelle et dépend des paramètres liés à la méthodologie du prélèvement. En outre la nature du sol et les remaniements qu'il subit sont déterminants sur le devenir des contaminations. Si l'on souhaite dresser l'inventaire complet de l'activité artificielle présente dans le sol et en étudier le transfert, des prélèvements par couches jusqu'à une profondeur de 30-40 cm sont requis. Le tableau 6 indique la distribution de l'activité en profondeur ainsi que l'activité cumulée des radionucléides artificiels dans les sites du voisinage des centrales nucléaires examinés en 1992.

Tableau 6: Activité en Bq/kg matière fraîche dans les profils de sol

Profils	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
Ufem Horn	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
(KKM)	0- 2 cm	22±10	18±2	440±20	46±2	6.7±0.5	3.9±0.6
<b>8.5.92</b>	2- 4 cm	<30	23±2	520±20	54±2	7.2±0.5	5.1±0.7
	4- 6 cm	21±10	21±2	520±20	48±2	7.0±0.5	5.3±0.7
	6- 8 cm	<30	21±2	550±20	38±2	4.2±0.5	4.0±0.5
	8-10cm	22±10	22±2	540±20	27±2	2.8±0.5	2.7±0.5
<b>Total Bq/m<sup>2</sup> contenu dans la couche 0-10 cm</b>					4800	600	450

Profils	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
WKW Beznau	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
(KKB)	0- 2 cm	30±10	25±3	350±30	53±2	2.6±0.6	<1
12.5.92	2- 4 cm	30±10	21±4	290±30	49±3	3.5±0.8	<1
	4- 6 cm	34±10	28±3	390±30	52±2	3.5±0.7	<1
	6- 8 cm	33±10	25±3	410±30	43±2	3.2±0.6	<1
	8-10cm	37±10	29±3	450±30	21±2	1.5±0.6	<1
Total Bq/m <sup>2</sup> contenu dans la couche 0-10 cm				5100	330	--	

Leibstadt	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
Chlemmi (KKL)	0- 2 cm	31±10	26±3	430±30	33±2	2.4±0.6	<1
	2- 4 cm	24±10	22±3	360±30	27±2	2.0±05	<1
14.5.92	4- 6 cm	27±10	23±3	330±30	28±2	2.0±0.6	<1
	6- 8 cm	33±10	20±3	370±30	26±2	2.0±0.6	<1
	8-10cm	24±10	23±3	340±30	22±2	1.4±0.5	<1
Total Bq/m <sup>2</sup> contenu dans la couche 0-10 cm				3400	200	--	

Niedergösgen	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
(KKG)	0- 2 cm	34±10	22±3	370±30	26±2	1.8±0.6	<1
	2- 4 cm	30±10	29±3	420±30	27±2	1.6±0.6	<1
14.5.92	4- 6 cm	35±10	26±3	400±30	29±2	2.4±0.6	<1
	6- 8 cm	30±10	25±3	400±30	25±2	1.4±0.6	<1
	8-10cm	40±10	28±3	450±30	24±2	1.4±0.6	<1
Total Bq/m <sup>2</sup> contenu dans la couche 0-10 cm				3300	190	--	

Profils	Radionucléides naturels				Radionucléides artificiels		
PSI-Oase	Bq/kg	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
(PSI)	0- 2 cm	30±10	23±3	370±20	23±2	1.3±0.5	<1
11.5.92	2- 4 cm	28±10	24±3	320±20	24±2	2.0±0.5	<1
	4- 6 cm	28±10	24±3	330±20	12±1	0.9±0.4	<1
	6- 8 cm	28±10	22±3	250±20	4±1	--	<1
	8-10cm	33±10	20±3	310±20	6±1	--	<1
Total Bq/m <sup>2</sup> contenu dans la couche 0-10 cm				2100	130	--	

Le site PSI-Oase fait partie des stations nouvellement équipées d'une sonde NADAM. L'aménagement de la station a entraîné des remaniements au niveau du sol, ce qui explique que le degré de contamination mesuré antérieurement sur ce site n'est que partiellement restitué.

En tenant compte du rapport des isotopes du césium (Tchernobyl:  $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs} = 2.0$  le 1.5.86, resp. 13 en mai 92; Mühleberg:  $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs} = 0.8$  le 1.10.86, resp. 4.5 en mai 92), l'inventaire de l'activité artificielle du sol se répartit comme suit dans les 10 premiers centimètres (entre parenthèses valeurs 1986).

**Tableau 7: Inventaire de l'activité artificielle présente dans les 10 premiers cm du sol**

Bq/m <sup>2</sup>	0-10 cm	Ufem Horn KKM	WKW Beznau KKB	Chlemmi KKL	Niedergösgen KKG
$^{134}\text{Cs}$	Tchernobyl	100 (750)	330 (2400)	200 (1500)	190 (1300)
$^{137}\text{Cs}$	Tchernobyl	1300 (1500)	4300 (4800)	2600 (3000)	2400 (2600)
$^{137}\text{Cs}$	essais nucléaires	1300 (1500)	800 (900)	800 (1200)	900 (1200)

A Ufem Horn s'ajoute la contribution subsistante de la fuite survenue à Mühleberg en septembre 86:  $^{134}\text{Cs}$ : 500 Bq/m<sup>2</sup> (4300);  $^{137}\text{Cs}$ : 2200 Bq/m<sup>2</sup> (3400);  $^{60}\text{Co}$ : 450 Bq/m<sup>2</sup> (830).

Il apparaît que les contaminations occasionnées en 1986 restent en majeure partie piégées dans les 10 premiers centimètres. Le césium-137 des essais nucléaires passés a par contre été partiellement transféré dans des couches plus profondes (jusqu'à 30 cm). Ainsi la part totale des essais nucléaires est approximativement 2 à 3 fois supérieure à la fraction présente dans les 10 premiers centimètres. Comme le montre le tableau 8, les mesures in situ correspondantes confirment l'évaluation des profils (longueurs de relaxation: pour les contaminations Tchernobyl et Mühleberg: 1 cm en 1986, 6 cm en 1992; pour les essais nucléaires: 15 à 25 cm).

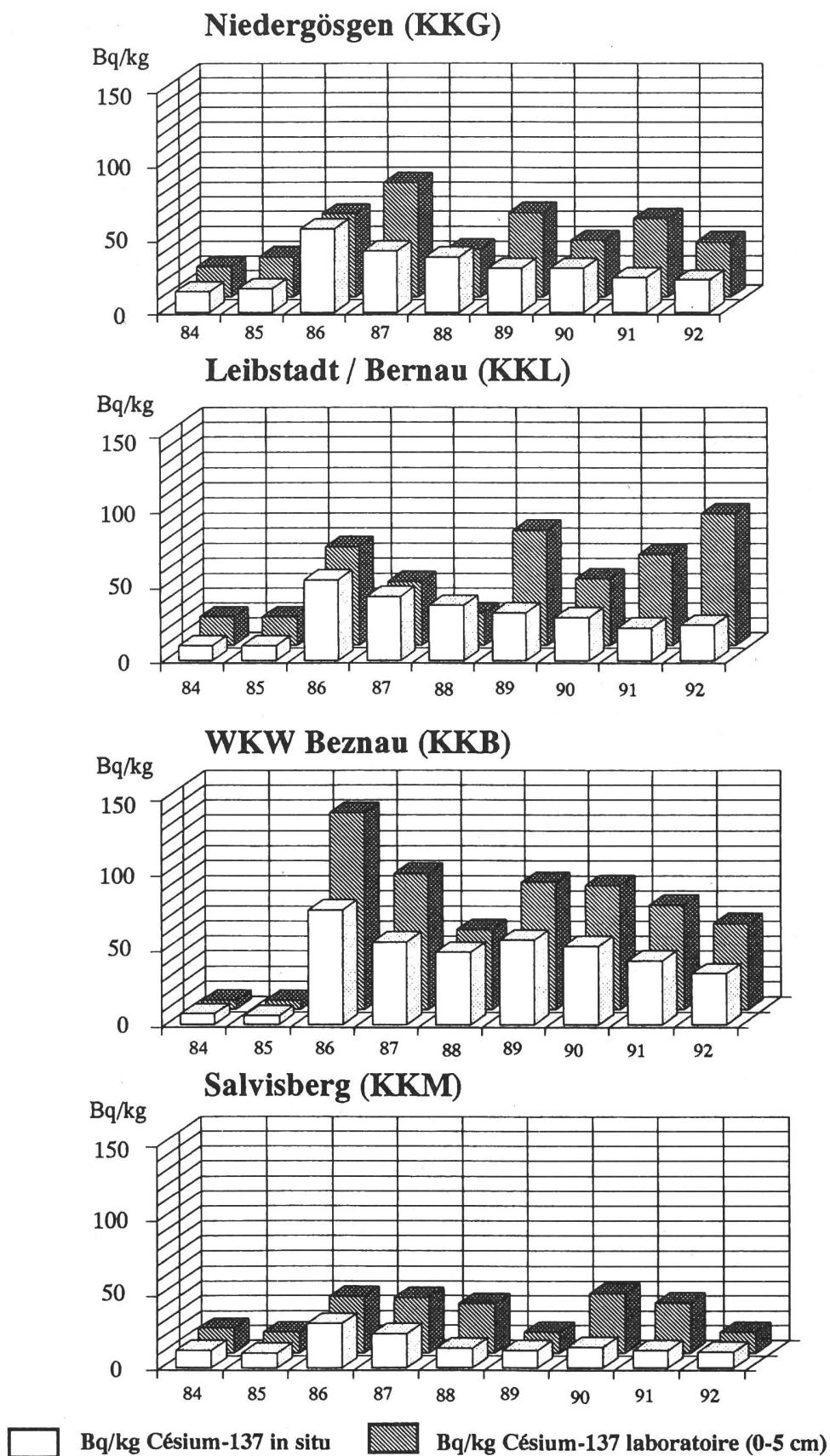
**Tableau 8: Inventaire de l'activité présente dans le sol: mesures in situ**

Bq/m <sup>2</sup>	in situ	Ufem Horn KKM	WKW Beznau KKB	Chlemmi KKL	Niedergösgen KKG
$^{134}\text{Cs}$	Tchernobyl	90 (700)	300 (2000)	180 (1300)	160 (1300)
$^{137}\text{Cs}$	Tchernobyl	1200 (1400)	3900 (4000)	2300 (2600)	2100 (2600)
$^{137}\text{Cs}$	essais nucléaires	2700 (3000)	2700 (3000)	2700 (3000)	2700 (3000)

La contribution additionnelle de la fuite survenue à Mühleberg s'établit comme suit:  $^{134}\text{Cs}$ : 600 Bq/m<sup>2</sup> (4500);  $^{137}\text{Cs}$ : 2700 Bq/m<sup>2</sup> (3600);  $^{60}\text{Co}$  400 Bq/m<sup>2</sup> (780).

Contrairement aux analyses de profils et de spectrométrie in situ, les mesures gamma des échantillons annuels du plan de prélèvement (0-5 cm) ne restituent pas un inventaire détaillé des contaminations présentes dans le sol ni ne permettent une interprétation univoque des variations observées d'une année à l'autre. La qualité (représentativité) du prélèvement et les phénomènes ponctuels de resuspension et de reconcentration ont en effet une influence prépondérante. Comme le montrent la figure 6, la spectrométrie gamma in situ traduit par contre le transfert graduel des contaminations dans les couches plus profondes du sol. L'hypothèse d'une répartition homogène de l'ensemble des radionucléides présents dans le sol s'avère appropriée au contrôle périodique de leur concentration moyenne et à une détection sensible d'injections artificielles additionnelles.

**Figure 6: Suivi comparatif de l'activité Cs-137 du sol:**  
mesures in situ (Bq/kg matière fraîche) - mesure en laboratoire (Bq/kg matière sèche)



#### 4.3.5 Mesure in situ et irradiation externe

Les mesures de spectrométrie gamma in situ ont pour objectif de donner un état des lieux détaillé des sites examinés. On obtient ainsi en une à deux heures les activités moyennes des émetteurs gamma naturels et artificiels présents dans le sol ainsi que leur contribution individuelle moyenne à l'irradiation externe. L'évaluation des spectres in situ s'est basée sur l'hypothèse d'une répartition homogène de l'ensemble des radionucléides présents dans le sol. Il en résulte une comparaison directe entre les concentrations naturelles et artificielles. Au niveau de l'exposition externe, il s'ensuit une légère surestimation de la contribution des radionucléides artificiels. La mise en évidence d'une année à l'autre de contaminations additionnelles est ainsi facilitée.

Dans le voisinage des installations nucléaires suisses, il s'agit prioritairement de distinguer les éventuelles contributions de leurs rejets des autres contaminations subsistantes (essais nucléaires passés, Tchernobyl). Les mesures effectuées en 1992 n'ont signalé aucune trace due à l'exploitation des centrales nucléaires suisses en 1992. La radioactivité naturelle prédomine et, parmi les composantes artificielles, les retombées de Tchernobyl (césium-137 et 134) ainsi que des essais nucléaires passés (césium-137) restent décelables. Des traces de la fuite survenue à la centrale de Mühleberg en septembre 1986 subsistent au niveau du cobalt-60 et des deux césium, comme le montrent les valeurs enregistrées au point critique Ufem Horn.

Le tableau 9 rend compte des activités, exprimées en Bq/kg, des radionucléides identifiés sous l'hypothèse de leur répartition homogène dans le sol. Les mesures in situ effectuées par la DSN ont montré des résultats en bon accord avec ceux obtenus par la SUER. Par rapport aux valeurs 1991, on observe un recul des activités artificielles de l'ordre de 10% supérieur à celui que laissaient prévoir les périodes des radionucléides impliqués. Cela incombe au transfert des contaminations dans les couches plus profondes du sol. Ainsi une diminution voisine de 10% au lieu de 2% escomptés a été enregistrée pour le césium-137, respectivement jusqu'à 40% au lieu de 30% pour le césium-134 et jusqu'à 30% au lieu de 12% pour le cobalt-60. La diminution de l'exposition externe artificielle se poursuit donc du fait de la décroissance des contaminations et de leur transfert dans le sol, alors que la part naturelle se maintient à peu près constante.

**Tableau 9: Activité in situ en Bq/kg des radionucléides du sol, état des lieux 1992**

Lieu	Radionucléides naturels			Radionucléides artificiels		
KKM 8.5.92	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Horn (Weide)	$32 \pm 10$	$17 \pm 2$	$510 \pm 20$	$42 \pm 2$	$5.2 \pm 1.0$	$3 \pm 1$
Horn (Schopf)	$30 \pm 10$	$27 \pm 3$	$560 \pm 20$	$20 \pm 2$	$2.0 \pm 0.5$	$0.8 \pm 0.3$
Niederruntigen	$30 \pm 10$	$21 \pm 2$	$500 \pm 20$	$11 \pm 1$	$1.0 \pm 0.5$	$0.7 \pm 0.4$
Salvisberg	$30 \pm 10$	$24 \pm 3$	$520 \pm 20$	$11 \pm 1$	$0.4 \pm 0.2$	$< 0.5$
Rewag	$20 \pm 10$	$16 \pm 3$	$280 \pm 20$	$18 \pm 2$	$1.2 \pm 0.5$	$< 0.5$

Lieu	Radionucléides naturels			Radionucléides artificiels		
KKG 13.5.92	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
Niedergösgen	$24 \pm 10$	$20 \pm 2$	$310 \pm 20$	$22 \pm 1$	$1.0 \pm 0.3$	$< 0.5$
Obergösgen	$29 \pm 10$	$30 \pm 3$	$320 \pm 20$	$20 \pm 1$	$0.9 \pm 0.3$	$< 0.5$
Aarau	$26 \pm 10$	$20 \pm 2$	$280 \pm 20$	$15 \pm 1$	$0.8 \pm 0.3$	$< 0.5$
Starrkirch-Wil	$30 \pm 10$	$21 \pm 2$	$310 \pm 20$	$25 \pm 2$	$1.5 \pm 0.5$	$< 0.5$

Lieu	Radionucléides naturels			Radionucléides artificiels		
	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
KKB/PSI 11.5.92						
Beznau WKW	$25 \pm 10$	$19 \pm 2$	$280 \pm 20$	$32 \pm 2$	$2.0 \pm 0.5$	$< 0.5$
Böttstein	$34 \pm 10$	$19 \pm 2$	$300 \pm 20$	$36 \pm 2$	$1.8 \pm 0.5$	$< 0.5$
PSI-OASE	$34 \pm 10$	$16 \pm 2$	$280 \pm 20$	$26 \pm 2$	$1.5 \pm 0.5$	$< 0.5$
PSI-NORD	$34 \pm 10$	$22 \pm 2$	$300 \pm 20$	$15 \pm 1$	$< 1$	$< 0.5$

Lieu	Radionucléides naturels			Radionucléides artificiels		
	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
KKL 14.5.92						
Leibstadt	$26 \pm 10$	$19 \pm 2$	$290 \pm 20$	$24 \pm 2$	$1.2 \pm 0.4$	$< 0.5$
Schwaderloch	$35 \pm 10$	$20 \pm 2$	$370 \pm 20$	$24 \pm 2$	$1.0 \pm 0.5$	$< 0.5$
Full Pumpenhaus	$28 \pm 10$	$20 \pm 2$	$310 \pm 20$	$21 \pm 2$	$0.9 \pm 0.5$	$< 0.5$
Full Schulhaus	$32 \pm 10$	$24 \pm 2$	$310 \pm 20$	$29 \pm 2$	$1.7 \pm 0.5$	$< 0.5$

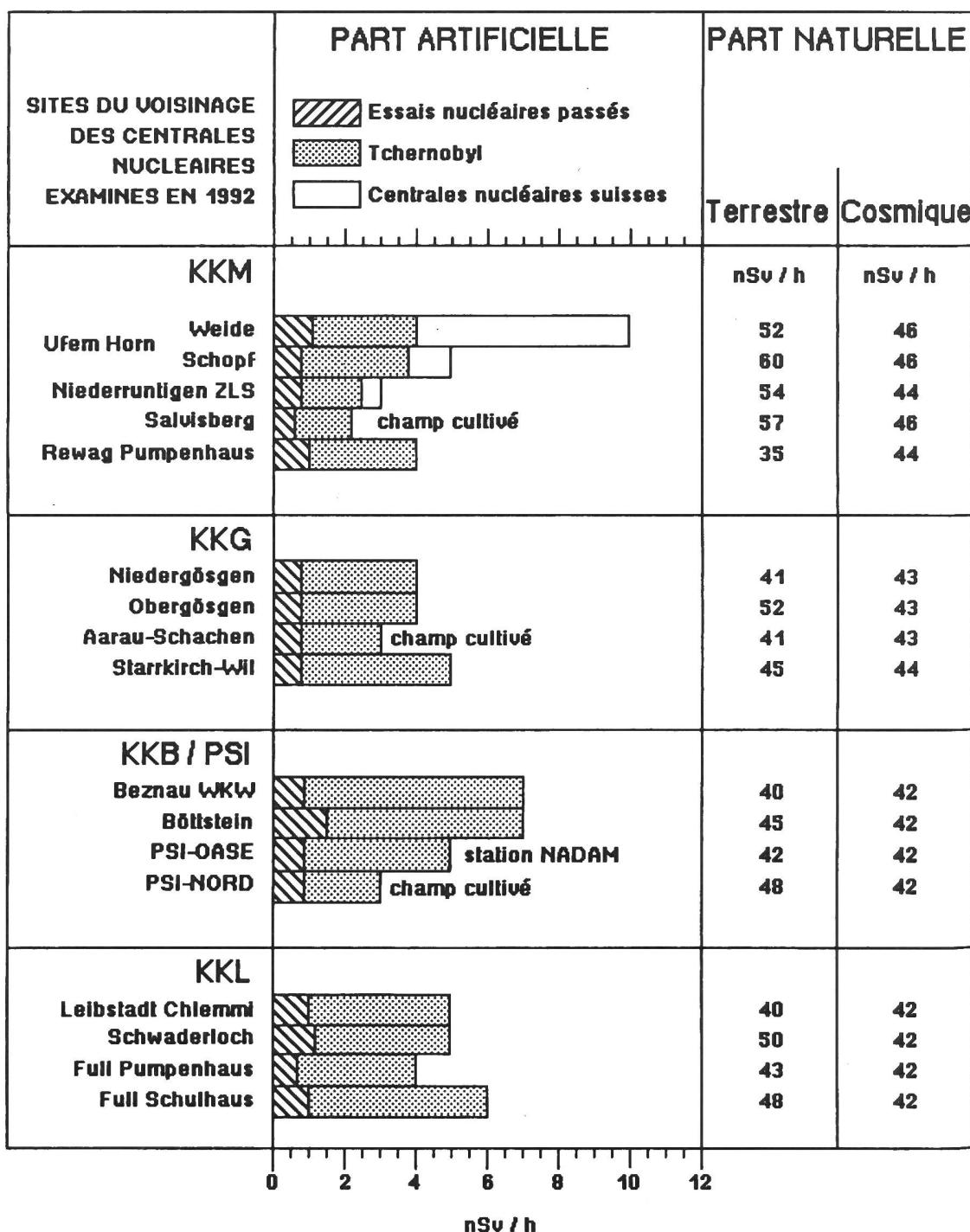
Les contributions correspondantes à l'irradiation externe sont détaillées dans la figure 7. Le rapport moyen de  $1.02 \pm 0.01$  entre l'exposition externe calculée à partir des spectres in situ et celle mesurée avec la chambre d'ionisation montre qu'il est approprié de considérer actuellement une répartition homogène de l'ensemble des radionucléides du sol pour les sites du voisinage des centrales nucléaires.

La figure 7 montre que le seul impact de l'exploitation des centrales nucléaires suisses incombe encore à la fuite survenue à Mühleberg en 1986. Au point critique Ufem Horn, la contribution maximale de cette contamination a été enregistrée sur le site Horn Weide, où le sol a subi peu de remaniements. On rappelle que le 30.9.86 la mesure in situ avait permis d'estimer à près de  $40 \text{ nSv/h}$ , l'exposition externe inhérente à la fuite susmentionnée. Le recul de cette contribution dû à la décroissance des radionucléides impliqués et à leur transfert dans le sol est confirmé par la mesure 1992 indiquant une diminution d'un facteur 6. Ainsi l'exposition externe additionnelle, occasionnée par les particules radioactives rejetées par Mühleberg en 1986 est voisine de  $0.05 \text{ mSv}$  pour un séjour permanent en 1992 à l'endroit Horn Weide. A cet emplacement, où le sol n'est pas travaillé, les dépôts de césum semblent présenter une évolution comparable, qu'ils proviennent de Tchernobyl ou de Mühleberg.

Dans ce secteur rural, le plus touché par la fuite survenue à Mühleberg, outre la nature du sol, le devenir des particules radioactives déposées dépend considérablement des remaniements tels le labourage, le hersage, l'épandage de fumier ou de cendres contaminés favorisant les phénomènes de resuspension. A cela s'ajoute l'influence de la couverture végétale, dont les pouvoirs de rétention et de restitution de l'activité sont très variables selon les espèces. Les caractéristiques des retombées ainsi que la date de déposition entrent également en considération.

Ainsi les dépôts de Tchernobyl, localement assez homogènes, ont bénéficié d'une période favorable à leur fixation dans le sol, au long des mois où celui-ci a été peu remanié. Par contre, les retombées plus disparates de Mühleberg ont précédé une période de récolte, qui a entraîné une dilution des particules radioactives au détriment de leur fixation. Cela explique localement un recul apparent plus prononcé de la contamination due à Mühleberg par rapport à celle de Tchernobyl et des essais nucléaires passés.

**Fig. 7 : CONTRIBUTIONS A L'EXPOSITION EXTERNE  
ETAT DES LIEUX 1992**



Remarque : La conversion du débit de dose ambiante dans l'air en débit de dose effectif se base sur la correspondance : 1 microR / h = 10 nSv/h

#### 4.3.6 Surveillance des produits alimentaires

La surveillance dans la chaîne alimentaire porte a priori sur le lait, les produits agricoles et le poisson. Il s'agit de contrôler l'irradiation interne pouvant atteindre des personnes du voisinage des centrales nucléaires du fait de leurs rejets. Comme le montre le tableau 10, les résultats ne signalent aucune contribution de l'exploitation des installations nucléaires suisses. A part le potassium-40 naturel, le strontium-90 (mesuré par l'IRA) provenant de la retombée des essais nucléaires reste pratiquement le seul radionucléide artificiel encore détectable. Cette observation a été confirmée par les analyses complémentaires effectuées par les chimistes cantonaux d'Argovie et de Berne. Elles indiquent des concentrations voisines de 50 Bq/l K-40 respectivement 0.07 à 0.09 Bq/l Sr-90 dans le lait, comparables aux autres échantillons du Plateau Suisse. 4 échantillons de rhubarbe et 1 échantillon de salade pommée du voisinage immédiat de la CN de Mühleberg mesurés par le laboratoire cantonal de Berne ont donné des activités inférieures aux limites de détection, soit 4 Bq/kg pour le Cs-134 et le Cs-137 resp. à 5 Bq/kg pour le Co-60 et 10 Bq/kg pour le Zn-65.

Tableau 10: Activité des produits alimentaires examinés par la SUER

Lait	Bq/l	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>90Sr</b>
Dogern (BRD)	7.7.92	54±3	<0.1	<0.1	0.094
Gösgen	18.2.92	40±5	<0.4	<0.2	0.089
Gösgen	16.6.92	47±5	< 0.3	<0.2	0.104
Gösgen	18.8.92	40±5	<0.2	<0.2	0.123

Salade	Bq/kg frais	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>90Sr</b>
Dogern (BRD)	7.7.92	100±10	<0.5	<0.3	0.25
Leibstadt	7.7.92	70±5	<0.3	<0.2	0.30

Pomme de terre	Bq/kg sec	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>90Sr</b>
Dogern (BRD)	14.10.92	610±30	< 2	< 1	0.26
Leibstadt	9.10.92	620±30	< 2	< 1	0.44

Pomme	Bq/kg sec	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>90Sr</b>
Dogern (BRD)	14.10.92	250±30	< 4	< 2	0.23
Leibstadt	9.10.92	140±20	2±1	< 1	0.59

Poisson	Bq/kg filet	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>60Co</b>
Barbeau Rhin	30.3.92	77±5	0.8±0.2	0.2±0.1	<0.5

Céréales	Bq/kg sec	<b>40K</b>	<b>137Cs</b>	<b>134Cs</b>	<b>90Sr</b>
Gösgen	récolte 1992	70±40	<5	<2	0.43
Mühleberg	récolte 1992	110±30	<5	<2	0.54
Beznau	récolte 1992	130±40	<5	<2	0.42
Leibstadt	récolte 1992	130±30	<5	<2	0.36
Rayon KKB/KKL	récolte 1992	100±30	<5	<2	0.44
Dogern (BRD)	récolte 1992	120±10	<2	<1	0.31

#### 4.3.7 Bilan radiologique et conclusions

La surveillance de l'environnement et l'évaluation de l'impact des sites ont impliqué une multitude de mesures en 1992. Leur objectif est de s'assurer du respect des limites fixées dans l'autorisation d'exploitation et de garantir la sécurité aux populations avoisinantes. Le service de radioprotection dispose d'un système de contrôle en continu et d'un plan de surveillance en différé. Le contrôle continu s'exerce au niveau de l'irradiation ambiante et de la mesure dans les stations périphériques des aérosols dans l'air après diffusion ainsi que des précipitations. Le contrôle différé consiste à prélever de façon systématique dans tout l'environnement des échantillons significatifs qui sont analysés en laboratoire. Ces contrôles complétés par les mesures *in situ* permettent par ailleurs la constitution d'un historique pour chaque point de prélèvement et de mesure.

Au compte rendu présenté dans ce chapitre, il convient d'ajouter les analyses de strontium-90 opérées par l'IRA (chapitre 3.6.), les contrôles des teneurs en tritium et carbone-14, effectués par l'Université de Berne (chapitre 3.2.) ainsi que les relevés cartographiques par hélicoptère élaborés par l'EPFZ (chapitre 3.9.).

L'ensemble de ces mesures permet d'obtenir un panorama complet de la surveillance de l'environnement pour l'année 1992 autour de chaque site de production. Les faits marquants peuvent être résumés comme suit:

- Aucune augmentation notable de radioactivité n'a été enregistrée du fait de l'exploitation de centrales nucléaires suisses en 1992. De faibles traces de radionucléides artificiels témoignent certes des rejets atmosphériques et liquides des installations ( $95 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$   $^{60}\text{Co}$  à la station aérosol "Ufem Horn" en août 1992 et présence  $^{60}\text{Co}$  et  $^{58}\text{Co}$  dans les sédiments et les végétaux aquatiques). L'impact de ces rejets sur l'environnement est cependant très faible (l'équivalent de dose reçue annuellement par la personne du public la plus exposée est effectivement inférieur de plusieurs ordres de grandeur à celui causé par l'exposition naturelle). L'impact sanitaire correspondant est négligeable.
- Les variations de la radioactivité artificielle dans l'air, les précipitations et dans la couche supérieure du sol incombent en majeure partie à la remise en suspension dans les aérosols atmosphériques d'une part des contaminations occasionnées en 1986 (Tchernobyl, Mühleberg).

Le groupe surveillance des centrales nucléaires de la SUER projette l'élaboration d'un bilan radio écologique décennal (1984 - 1993), dont l'interprétation reposera sur l'intégralité des mesures entreprises dans l'environnement durant cette période. L'objectif est d'établir une synthèse des observations provenant des résultats des programmes annuels de surveillance, d'analyser les évolutions des études réalisées et de recentrer celles-ci, si nécessaire, sur les indicateurs biologiques adéquats. Cela dans le sens d'améliorer la qualité de la présentation et du contenu des rapports de surveillance de l'environnement sur l'ensemble des sites.

Que toutes les personnes qui ont favorisé le bon déroulement de nos mesures, les collaborateurs de la DSN J. Schuler et W. Baur ainsi que Mme Gobet et A. Gurtner de la SUER soient ici remerciés de leur précieuse collaboration.

Murith Ch., Völkle H. "Environmental monitoring around Swiss nuclear power stations"; Radioprotection special issue February 1993, p 249-253.

## 4.4. CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN

M. Höfert, M. Pressevot, D. Wittekind

Radioprotection, TIS-RP, CERN, 1211 GENÈVE 23

### Programme

Le contrôle de l'environnement autour du CERN est basé sur un programme établi en 1977. Ce programme a été adapté pour couvrir, au fur et à mesure, les nouvelles installations (LEP) ainsi que l'évolution du mode d'opération des anciens accélérateurs.

Des résultats de mesures détaillés sont présentés dans quatre rapports trimestriels, dont le dernier contient les résultats pour l'ensemble de l'année.

Le programme résumé dans le tableau 1, se divise en deux grands domaines:

- Le contrôle de la radioactivité émise dans l'air et dans l'eau à partir des différentes installations du CERN et des sites dans leur ensemble (Emission).
- La mesure des rayonnements diffusés produits par l'exploitation des accélérateurs du CERN ainsi la mesure de la radioactivité contenue dans différents échantillons prélevés dans l'environnement et susceptibles d'être influencés par le rayonnement ou la radioactivité produits par le CERN (Immission).

### Résultats des mesures des immissions pour 1992

Les résultats des mesures de la radioactivité dans des échantillons ayant trait à l'environnement (aérosols, précipitations, eau potable, eaux souterraine, végétation etc.) sont résumés dans les tableaux 2 à 8. On doit noter que, sauf le  $^{40}\text{K}$ , les radionucléides pouvant être attribués à la radioactivité naturelle ne sont pas mentionnés.

### Note générale

Afin d'avoir les valeurs moyennes pour tous les échantillons pris pendant une période définie (p. ex. 1 mois) les corrections de décroissance sont calculées par l'ordinateur en tenant compte du début et de la fin de la période d'échantillonnage. Dans les cas des échantillons pour lesquels aucune activité gamma n'est rapportée, la valeur mesurée a été trouvée en dessous de la limite de détection.

Pour plus de détails, veuillez consulter le rapport annuel de 1992 qui sera disponible début mars auprès du Secrétariat du Groupe Radioprotection.

## PROGRAMME DU CONTROLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN

**TABLEAU 1 : Contrôle de l'immission**

Objet de la mesure	MESURES					STATIONS DE CONTROLE / ECHANTILLONAGE			
	Radiation/ Radio-activité	Fréquence des mesures	Temps après prélèvement	Unité	Instruments	Nbre points	Locations	Méthodes instruments	Préparation d'échantillon
1. Rayonnement diffusé	$\gamma$ totale $n$ totale	Continu		$\mu\text{Sv}$	Chambre à ionisation (remplie avec argon). Compteur BF3 + modérateur	30	28 près des clôtures 11 sur les sites		
2. Air /aérosol	$\beta$ totale $\gamma$	2 x par mois 1 x par mois	1 semaine	$\text{mBq/m}^3$	Compteur proportionnel à grande surface détecteur Ge	8	PMA 32,71,100, 126,805,821,911,951	Filtre en fibre de verre (Schleicher & Schüll N°6, 20 cm $\sigma$ ). Aérosols $>0,3\mu\text{m}$	
3. Eau potable et souterraine	$\gamma$ totale $\beta$ totale $\gamma$ Tritium	Continu 1 x par année	1 semaine Si l'act. $\beta$ est $> 0,37 \text{ Bq/l}$	Bq/l	Cristal de NaI(Tl) Compteur proportionnel à grande surface détecteur Ge Compteur à scintillation liquide	1 1 1 1 1	Près du BA6 (PMW 61) Site Meyrin-Peney (FWPE) Site Préverassin-Le Vengeron (FWVE) Préverassin (UWPR) St-Genis (UWSG) Versonnex (UWVX)		Evaporation de 4 litres
4. Précipitations	$\beta$ totale $\gamma$ Tritium	1 x par mois	1 semaine Si l'act. $\beta$ est $> 0,37 \text{ Bq/l}$	Bq/l et MBq/km <sup>2</sup>	Compteur proportionnel à grande surface détecteur Ge Compteur à scintillation liquide	1 1	Toit du Bât.24 RP (RWSS) Toit du Bât. 865 SPS (RWSF)	Collecteur 1 m <sup>2</sup> Collecteur 1 m <sup>2</sup>	Evaporation de 4 litres
5. Rivières	$\beta$ totale $\gamma$ Tritium	2 x par année	1 semaine	Bq/l	Compteur proportionnel à grande surface détecteur Ge Compteur à scintillation liquide	1 1 1 1	Allondon SWA1 Le Lion SWL4 La Versoix SWV1 Nant d'Avril SWN4		Evaporation de 4 litres
6. Boue	$\beta$ totale $\gamma$	2 x par année	1 semaine	Bq/kg	Compteur proportionnel poids sec à grande surface détecteur Ge	1 1 1 1	Allondon (MUA1) Le Lion (MUL3) La Versoix (MUV1) Nant d'Avril (MUN4)		Séchage
7. Herbes	$\beta$ totale $\gamma$	1 x par année en juin	1 semaine	Bq/kg	Compteur proportionnel poids sec à grande surface détecteur Ge	1 1 2 1 1 1	Nord-Ouest de AA (GRK6) Sud-Ouest du BA 7 (GRK3) Site Meyrin GRE3 (BA6), GRH6(PS) Zone Nord (GRN1) Cessy pulles 5 LEP (GRC1) Le Vengeron (GRVE)		Séchage
8. Vin	$\gamma$ Tritium	1 x par année		Bq/l	détecteur Ge Compteur à scintillation liquide	1	Sud/S-Ouest du PS (WIS1)		Distillation

## PROGRAMME DU CONTROLE DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CERN

TABLEAU 1 : Contrôle de l'émission

Objet de la mesure	MESURES					STATIONS DE CONTROLE/ECHANTILLONNAGE			
	Radiation/ Radio- activité	Fréquence	Temps après prélèvement	Unité	Instruments	Nbre points	Locations	Méthodes Instruments	Préparation d'échantillons
1. Air (aérosol /gaz)	β totale	2 x par mois	1 semaine	mBq/m <sup>3</sup>	Compteur proportionnel à grande surface	14	PMV 11,31,51,61,70,71,72, 73,74,170,801,819,901,905 (71,819: ventilation circuit fermé)	Filtre en fibre de verre (Schleicher & Schüll, No 6 20 cm Ø).	
	γ	1 x par mois			détecteur Ge			Aérosols > 0,3µm	
2. Eau de surface effluent liquide)	β totale	Continu		GBq	Chambre différentiel à ionisation ou compteur GM à grande surface	13	Puits de ventilation: BA3,5,85; TT10,20,60,70; ACOL, BA7, PS, ISOLDE, LEP PMVG31,51,819,11,80,72,73, 61,70,74,170,901,905		
	γ	Continu		Bq/l	Cristal de NaI(Tl)	1 1 3 1	Près du BA2 (PMW 21) Près du BA6 (PMW 62) Site Meyrin (PMW 101, 102, 103) LEP Point 1 (PMW 901)		
	β totale		1 semaine		Compteur proportionnel à grande surface	1	Site Prévessin-Le Lion (SWL2)	SEIN, échantilleur	évaporation
	γ	1 x par mois	Si l'act. β est > 0,37 Bq/l	Bq/l	détecteur Ge	1	Site Meyrin-Le Lion (SWL3)	automatique d'eau (5 cm <sup>3</sup> /288 s)	de 4 litres; 1 x par mois
	Tritium				Compteur à scintillation liquide	1 2 1 1	Site Prévessin-N.d'Avril (SWN1) Site Meyrin-N.d'Avril (SWN2, 3) LEP Point 1-N.d'Avril (SW901) Puits DP62 Bât. 513, ACOL (SWNA)	un échantillon mélangé est analysé	un échantillon mélangé est analysé
								5 litres d'échantillon pris 1 x par mois	

Tableau 2 : EAU DE SURFACE (RIVIÈRES)

1992 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/l	
			Total bêta	3H
19.05	SWA1	Allondon	0.054	< 7.7
07.11	SWA1	Allondon	0.041	< 7.7
19.05	SWL4	Le Lion	0.095	< 7.7
07.11	SWL4	Le Lion	0.064	< 7.7
19.05	SWN4	Nant d'Avril	0.086	8.6
07.11	SWN4	Nant d'Avril	0.082	< 7.7
19.05	SWV1	La Versoix	0.048	< 7.7
07.11	SWV1	La Versoix	0.015	< 7.7

Tableau 3 : SÉDIMENTS (RIVIÈRES)

1992 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/kg matière sèche				
			Total bêta	$^{40}\text{K}$	$^{7}\text{Be}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
19.05	MUA1	Allondon	420	310	-	-	7.3
07.11	MUA1	Allondon	440	300	4.1	0.38	2.7
19.05	MUL3	Le Lion	440	250	6.9	-	3.5
07.11	MUL3	Le Lion	330	260	6.0	-	5.9
19.05	MUN4	Nant d'Avril	440	330	-	-	-
07.11	MUN4	Nant d'Avril	530	380	21	-	6.2
19.05	MUV1	La Versoix	410	320	-	-	4.4
07.11	MUV1	La Versoix	440	330	2.5	-	3.9

Limite de détection :  $^{54}\text{Mn}$  : 0.32 Bq/kg poids sec  
 $^{58}\text{Co}$  : 0.30 Bq/kg poids sec  
 $^{60}\text{Co}$  : 0.32 Bq/kg poids sec  
 $^{65}\text{Zn}$  : 0.68 Bq/kg poids sec  
 $^{134}\text{Cs}$  : 0.29 Bq/kg poids sec

Note : Les échantillons sont pris deux fois par an.

Tableau 4 : VÉGÉTATION

1992		Point de contrôle	Activité en Bq/kg poids sec			
			$^{40}\text{K}$	$^{7}\text{Be}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
29.06	GRC1	Cessy point 5 du LEP	1200	210	-	-
08.07	GRE3	Site Meyrin BA6	1100	180	-	3.2
18.06	GRH6	Site Meyrin PS	1100	220	1.8	1.5
08.07	GRK3	SW du BA7	710	180	-	-
17.06	GRK6	NW de AA	1200	52	-	-
21.07	GRN1	Zone Nord	770	59	-	3.4
19.06	GRVE	Le Vengeron (échantillon de référence)	930	92	-	-

Limite de détection :  $^{54}\text{Mn}$  : 1.65 Bq/kg poids sec  
 $^{58}\text{Co}$  : 1.57 Bq/kg poids sec  
 $^{60}\text{Co}$  : 1.64 Bq/kg poids sec  
 $^{65}\text{Zn}$  : 3.48 Bq/kg poids sec  
 $^{134}\text{Cs}$  : 1.53 Bq/kg poids sec  
 $^{137}\text{Cs}$  : 1.98 Bq/kg poids sec

Tableau 5 : VIN BLANC

1992		Point de contrôle	Activité en Bq/l		
			$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{3}\text{H}$
1991	WIS1	400 m SW du PS	15	-	< 7.7

Limite de détection :  $^{134}\text{Cs}$  : 0.38 Bq/l  
 $^{137}\text{Cs}$  : 0.45 Bq/l

Note : Les échantillons sont pris deux fois par an.

Tableau 6 : PRÉCIPITATIONS

Point de contrôle : RWSS Site Meyrin, sur le toit du bâtiment 24

Mois	Précipitations 1/m <sup>2</sup>	Activité			
		Total bêta		<sup>3</sup> H	
		Bq/l	MBq/km <sup>2</sup>	Bq/l	MBq/km <sup>2</sup>
1	12.2	0.067	0.82	< 7.7	< 94
2	21.1	0.069	1.5	< 7.7	< 160
3	76.0	0.051	3.9	< 7.7	< 590
4	85.8	0.046	3.9	< 7.7	< 660
5	77.4	0.13	10	< 7.7	< 600
6	83.8	0.067	5.6	< 7.7	< 650
7	92.7	0.14	13	< 7.7	< 710
8	71.0	0.067	4.8	< 7.7	< 550
9	58.0	0.071	4.1	< 7.7	< 450
10	153.5	< 0.015	< 2.3	< 7.7	< 1200
11	133.8	0.040	5.4	< 7.7	< 1000
12	65.2	0.028	1.8	< 7.7	< 500
Total	930.5		< 57		< 7200

Limite de détection :   
<sup>54</sup>Mn : 0.38 Bq/l  
<sup>58</sup>Co : 0.36 Bq/l  
<sup>60</sup>Co : 0.40 Bq/l  
<sup>65</sup>Zn : 0.88 Bq/l  
<sup>134</sup>Cs : 0.38 Bq/l  
<sup>137</sup>Cs : 0.45 Bq/l

Note : Entonnoir 1 m<sup>2</sup>. Quantité de pluie mesurée à l'aéroport de Cointrin.

Tableau 7 : EAU POTABLE (FW) ET EAU SOUTERRAINE (UW)

1992 Date	Point de contrôle		Activité en Bq/l	
			Total bêta	<sup>3</sup> H
19.10	FWPE	Site Meyrin - Peney	0.055	< 7.7
19.10	FWVE	Site Prévessin - Vengeron	0.057	< 7.7
19.10	UWPR	Site Prévessin	0.12	< 7.7
19.10	UWSG	St-Genis	0.034	< 7.7
19.10	UWVX	Versonnex	0.026	< 7.7

Tableau 8 : MONITOR AÉROSOL

Point de contrôle : Meyrin, sur le toit du bâtiment 24

1992	Quantité d'air en 1000 m <sup>3</sup>	Activité en mBq/m <sup>3</sup>	
Date		Total bêta	<sup>7</sup> Be
1a	7.5	0.39	
1b	8.1	0.60	2.8
2a	8.7	0.64	
2b	8.5	0.47	2.3
3a	9.6	0.75	
3b	10.2	0.23	2.6
4a	10.5	0.26	
4b	10.2	0.27	3.1
5a	11.6	0.31	
5b	11.4	0.49	3.9
6a	12.9	0.29	
6b	9.8	0.41	3.7
1 - 6		0.42	
7a	12.4	0.35	
7b	15.6	0.95	5.1
8a	10.9	0.79	
8b	8.0	0.56	5.3
9a	9.6	0.46	
9b	10.9	0.68	3.7
10a	11.7	0.47	
10b	10.1	0.18	1.4
11a	11.7	0.34	
11b	9.9	0.24	2.0
12a	11.7	0.42	
12b	11.3	0.97	3.0
7 - 12		0.55	
1 - 12		0.49	

Limite de détection pour d'autres radionucléides :  $^{54}\text{Mn}$  : 0.012 mBq/m<sup>3</sup>  
 $^{58}\text{Co}$  : 0.011 mBq/m<sup>3</sup>  
 $^{60}\text{Co}$  : 0.012 mBq/m<sup>3</sup>  
 $^{65}\text{Zn}$  : 0.024 mBq/m<sup>3</sup>  
 $^{134}\text{Cs}$  : 0.012 mBq/m<sup>3</sup>  
 $^{137}\text{Cs}$  : 0.015 mBq/m<sup>3</sup>

Note : Filtres changés deux fois par mois, les mesures de l'activité bêta totale sont effectuées 7 jours après la prise de l'échantillon.