

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: - (1997)

Rubrik: Überwachung der Kernanlagen

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: 29.09.2025

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

8. Überwachung der Kernanlagen ¹⁾

F. Cartier, A. Leupin

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

Zusammenfassung

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit Abwasser und Abluft lagen im Jahr 1997 für die vier Schweizer Kernkraftwerke Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) und Mühleberg (KKM) sowie für das Paul-Scherrer-Institut (PSI) deutlich unterhalb der Jahres- und Kurzzeit-Abgabegrenzwerte. Die aus den tatsächlichen Abgaben errechnete Strahlenexposition liegt selbst unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren für Erwachsene und Kleinkinder weit unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes (Art. 7 der StSV) von 0,2 mSv pro Jahr.

Im Lauf des Berichtsjahres wurde die HSK-Richtlinie R-41 „Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe“ in Kraft gesetzt. Sie wurde bei der Berechnung der hier präsentierten Dosiswerte angewendet.

*Die externe Strahlung ist mit dem **Messnetz** zur **automatischen Dosisleistungsüberwachung** in der **Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK)** ständig überwacht worden. Die Messwerte insgesamt 57 MADUK-Sonden werden automatisch auf Abweichungen vom natürlichen Schwankungsbereich analysiert und gegebenenfalls dem HSK-Pikett gemeldet. Die im Berichtsjahr erkannten, nicht meteorologisch bedingten Abweichungen liessen sich grösstenteils mit in der Nähe der MADUK-Sonden durchgeführten Schweissnahtprüfungen oder mit Kalibrierungsarbeiten an NADAM-Sonden erklären.*

Die langjährigen Messreihen mit TLD-Ortsdosimetern an den Arealzäunen und in der weiteren Umgebung sind weitergeführt worden. Die Messergebnisse liegen im Bereich der Vorjahre. Der höchste Wert liegt am südlichen Zaun des KKL. Er beträgt 3,2 mSv pro Jahr.

Im Rahmen des permanenten Probenahme- und Messprogrammes für Immission wurden die wichtigsten Expositionsprofile radioaktiver Stoffe in der Umgebung überwacht:

Beim aquatischen Milieu wurden als Folge einer EAWAG-Studie, die im Auftrag der HSK durchgeführt wurde, Anpassungen im Überwachungsprogramm vorgenommen. Die Messergebnisse von Wasser- und Sedimentproben zeigten Spuren von künstlichen Radioisotopen, wie ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co und ⁶⁵Zn, welche aus den Abgaben der Kernanlagen stammen, sowie von ¹³⁷Cs.

Für die luftgetragenen Emissionen können die gemessenen künstlichen Radionuklide im allgemeinen mit den Atomwaffentests (⁹⁰Sr) oder mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl (¹³⁷Cs) in Verbindung gebracht werden. Die Spuren von ⁶⁰Co, die im Boden in der Umgebung des KKM gemessen wurden, korrelieren mit den Messungen der Vorjahre und es gibt keine Hinweise auf aktuelle Abgaben. Die langjährige Messreihe der UNI-Bern von ¹⁴C in Baumblättern der Umgebung der Siedewasserreaktoren wurde fortgesetzt.

In Lebensmitteln konnte keine Erhöhung von künstlichen Radionukliden gemessen werden, die auf den Betrieb der schweizerischen Kernanlagen zurückzuführen ist.

1) CERN; siehe Kap. 8.4.

8.1. Emission aus den Kernanlagen (Tabellen 1a bis e)

F. Cartier, A. Leupin, W. Baur und M. Schibli

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

Im Jahr 1997 wurden die Abgabegrenzwerte für die Schweizerischen Kernkraftwerke und für das Paul-Scherrer-Institut sowohl für die Kurzzeit- wie für die Jahresabgaben eingehalten. Die gemessenen Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und der Abluft sowie die daraus für die Umgebungsbevölkerung unter ungünstigen Annahmen errechnete Personendosis im Jahr 1997 sind in den Tabellen 1a und 1b zusammengestellt.

Nuklidspezifische Angaben zu den Abgaben mit dem Abwasser können der Tabelle 1c und über die Emissionen mit der Abluft den Tabellen 1d und 1e entnommen werden. Zusätzliche Hinweise über Berechnungsart, Definitionen und einige verwendete Annahmen geben die Fussnoten zu den Tabellen.

Figur 1 zeigt die Aktivitätsabgaben zum Vergleich mit den Vorjahren und den Abgabelimiten.

Die Abgabemessungen der Kernkraftwerke wurden mit insgesamt mehr als 100 Proben aus dem Abwasser sowie der Abluft mit Aerosol- und Iodfiltern stichprobenweise durch die Behörden kontrolliert. Die Ergebnisse stimmten gut überein und zeigten, dass die Bestimmungen der Abgabereglemente eingehalten blieben.

Im Lauf des Berichtsjahres wurde die HSK-Richtlinie R-41 „Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe“ in Kraft gesetzt. Die in diesem Bereich präsentierten errechneten Dosiswerte wurden grundsätzlich nach dieser Richtlinie ermittelt. Die Modelle und Parameter wurden bis auf wenige Details bereits früher verwendet, so dass sich deshalb keine nennenswerten Unterschiede zu den Vorjahren ergeben.

Die aus den Emissionen errechnete Jahresdosis für Erwachsene und Kleinkinder (Altersklasse 1 Jahr) liegt selbst unter Berücksichtigung der Ablagerungen aus den Vorjahren weit unterhalb des quellenbezogenen Dosisrichtwertes (Art. 7 der StSV) von 0,2 mSv pro Jahr. Sie beträgt für das KKB ungefähr 0,002 mSv, beim KKM weniger als 0,009 mSv, beim KKG weniger als 0,002 mSv, beim KKL ungefähr 0,002 mSv und für die Summe aller Abgabestellen des PSI ca. 0,004 mSv. Durch die Abgaben im Berichtsjahr errechnet sich auch beim KKM eine Dosis von deutlich weniger als 0,002 mSv. Im allgemeinen wird für die Kernkraftwerke die Dosis durch die ¹⁴C-Abgaben des laufenden Jahres dominiert. Verglichen mit dem Vorjahr sind die signifikanten Dosiswerte für Kleinkinder und Erwachsene fast unverändert geblieben. Beim PSI kommt beinahe die gesamte Dosis aus den Edelgasabgaben der Teilchenbeschleuniger im Westteil zustande.

Die Kernkraftwerke befanden sich für Revisionsarbeiten im Jahre 1997 während folgender Perioden im Stillstand: KKB I vom 19. September bis 31. Oktober, KKG vom 7. Juni bis 30. Juni, KKL vom 27. Juli bis 1. September und KKM vom 21. Juli bis 2. September.

Tabelle 1a: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe der Kernkraftwerke an die Umgebung für das Jahr 1997 und die daraus resultierenden Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung. (Fussnoten am Ende der Tabelle).

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten (AL)	Tatsächliche	Berechnete Jahresdosis ³⁾	
			(gem. Reglement) ¹⁾	Abgaben ²⁾ ; ($\pm 50\%$)	Erwachsener	Kleinkind
			Bq/Jahr	Bq/Jahr	mSv/Jahr	mSv/Jahr
KKB 1+ KKB 2	Abwasser (36000 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	1,8·10 ⁺⁰⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ⁺¹³	1,2·10 ⁺¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	1·10 ⁺¹⁵	2,5·10 ⁺¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	6·10 ⁺⁰⁹	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Jod-131 ⁴⁾	4·10 ⁺⁰⁹ (nur I-131)	5,6·10 ⁺⁰⁷	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff-14 ⁶⁾	–	4,0·10 ⁺¹⁰	0,0011	0,0018	
KKM	Abwasser (5978 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	3,7·10 ⁺⁰⁹	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ⁺¹³	3,2·10 ⁺¹¹	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	2·10 ⁺¹⁵	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	2·10 ⁺¹⁰	<0,1% AL	0,0077	0,0059
		Jod-131	2·10 ⁺¹⁰	<0,1% AL	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff-14 ⁶⁾	–	2,0·10 ⁺¹¹	<0,001	0,0011	
KKG	Abwasser (7358 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	2·10 ⁺¹¹	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Tritium	7·10 ⁺¹³	1,4·10 ⁺¹³	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	1·10 ⁺¹⁵	(<)2,4·10 ⁺¹³ (<2,1·10 ⁺¹³)	<0,001	<0,001
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	1·10 ⁺¹⁰	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Jod-131	7·10 ⁺⁰⁹	7,3·10 ⁺⁰⁷	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff-14 ⁶⁾	–	1,0·10 ⁺¹¹	<0,001	0,0011	
KKL	Abwasser (16822 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	4·10 ⁺¹¹	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Tritium	2·10 ⁺¹³	1,1·10 ⁺¹²	<0,001	<0,001
	Abluft	Edelgase ⁴⁾	2·10 ⁺¹⁵	8,5·10 ⁺¹²	<0,001	<0,001
		Aerosole ⁵⁾ (ohne I-131, Halbwertszeit>8 Tage)	2·10 ⁺¹⁰	<0,1% AL	<0,001	<0,001
		Jod-131	2·10 ⁺¹⁰	4,3·10 ⁺⁰⁸	<0,001	<0,001
	Kohlenstoff-14 ⁶⁾	–	2,2·10 ⁺¹¹	0,0011	0,0019	

Tabelle 1b: Zusammenstellung der Abgaben radioaktiver Stoffe des Paul-Scherrer-Instituts an die Umgebung für das Jahr 1997 und die daraus resultierenden Dosiswerte für Einzelpersonen der Bevölkerung (Fussnoten am Ende der Tabelle)

Anlage	Medium	Art der Abgaben	Abgabelimiten (AL) ¹⁾			Tatsächliche Abgaben ²⁾ (±50%)			Berechnete Jahresdosis ³⁾						
			Bq/Jahr			Bq/Jahr			Erwachsener mSv/Jahr			Kleinkind mSv/Jahr			
			Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost ⁷⁾	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost ⁷⁾	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost	Hochka-min-Ost	Verbren-nungsanl.	Uebrige-Ost	
PSI-OST	Abwasser (18560 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	2·10 ⁺¹¹ (für gesamtes PSI)			<0,1% AL			<0,001			<0,001			
		Tritium	2·10 ⁺¹³ (für gesamtes PSI)			<0,1% AL			<0,001			<0,001			
	Abluft	Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) ⁴⁾	-	4·10 ⁺¹²	5·10 ⁺¹¹	7,6·10 ⁺⁰⁹	-	-	-	<0,001	-	-	<0,001	-	-
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (ohne Jod, Halbwertszeit>8 Tage)	1·10 ⁺¹⁰	1·10 ⁺⁰⁹	1·10 ⁺⁰⁸	<0,1% AL	3,1·10 ⁺⁰⁷	-	-	} <0,001	} <0,001	} -	} <0,001	} <0,001	} -
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	-	-	-	1,0·10 ⁺⁰⁸	-	-	-						
		α-Aerosole	3·10 ⁺⁰⁸	5·10 ⁺⁰⁷	2·10 ⁺⁰⁶	-	4,1·10 ⁺⁰⁵	-	-						
		Jod (I-131-aeq.) ⁴⁾	3·10 ⁺¹⁰	2·10 ⁺⁰⁹	2·10 ⁺⁰⁸	1,4·10 ⁺⁰⁸	4,5·10 ⁺⁰⁶	-	-	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	-
Tritium (tritiertes Wasser)	-	4·10 ⁺¹²	2·10 ⁺¹²	9,9·10 ⁺¹⁰	2,3·10 ⁺¹⁰	1,9·10 ⁺¹¹	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
PSI-WEST	Abwasser (65 m ³)	Nuklidgemisch (ohne Tritium) ⁴⁾	vgl. PSI-Ost			<0,1% AL			<0,001			<0,001			
		Tritium	vgl. PSI-Ost			<0,1% AL			<0,001			<0,001			
	Abluft	Edelgase/Gase (Ar-41-aeq.) ⁴⁾	2·10 ⁺¹⁴	5·10 ⁺¹²	2·10 ⁺¹²	7,4·10 ⁺¹³	1,3·10 ⁺¹⁰	1,5·10 ⁺¹¹	0,004	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (ohne Jod und Be-7, T _{1/2} >8 Tage)	2·10 ⁺⁰⁸	5·10 ⁺⁰⁷	2·10 ⁺⁰⁸	1,0·10 ⁺⁰⁷	<0,1% AL	<0,1% AL	} <0,001	} <0,001	} <0,001	} <0,001	} <0,001	} <0,001	
		β/γ-Aerosole ⁵⁾ (8 Std.<Halbwertszeit<8 Tage)	1·10 ⁺¹¹	-	-	2,3·10 ⁺⁰⁹	-	-							
		α-Aerosole	-	-	-	-	-	-							
		Jod (I-131-aeq.) ⁴⁾	5·10 ⁺⁰⁹	-	1·10 ⁺⁰⁸	2,8·10 ⁺⁰⁸	-	-	<0,001	-	-	<0,001	-	-	
Tritium (tritiertes Wasser)	6·10 ⁺¹³	-	2·10 ⁺¹²	8,7·10 ⁺¹¹	-	4,1·10 ⁺¹⁰	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001		

Tabelle 1c: Flüssige Abgaben der Kernanlagen an die Aare oder den Rhein, 1997 (Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben)

Nuklid	Abgaben (Q) ²⁾ [Bq im Jahr]				
	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
β-/γ-Strahler		<0,1% AL (ohne Tritium)	<0,1% AL (ohne Tritium)		<0,1% AL (ohne Tritium)
H-3	1,2·10 ⁺¹³	1,4·10 ⁺¹³	1,1·10 ⁺¹²	3,2·10 ⁺¹¹	1,8·10 ⁺¹⁰
Na-22					1,8·10 ⁺⁰⁶
Na-24	3,6·10 ⁺⁰⁶			6,4·10 ⁺⁰⁶	
S-35					3,4·10 ⁺⁰⁶
Cr-51	1,0·10 ⁺⁰⁸		2,2·10 ⁺⁰⁷	9,3·10 ⁺⁰⁸	
Mn-54	1,6·10 ⁺⁰⁸		7,7·10 ⁺⁰⁶	1,2·10 ⁺⁰⁹	1,2·10 ⁺⁰⁶
Co-56					
Co-57	5,8·10 ⁺⁰⁷				9,7·10 ⁺⁰⁵
Co-58	9,2·10 ⁺⁰⁹		7,2·10 ⁺⁰⁶	4,7·10 ⁺⁰⁸	6,8·10 ⁺⁰⁶
Co-60	4,8·10 ⁺⁰⁹	3,6·10 ⁺⁰⁶	1,2·10 ⁺⁰⁸	1,5·10 ⁺¹⁰	2,2·10 ⁺⁰⁷
Zn-65			1,9·10 ⁺⁰⁷	2,3·10 ⁺⁰⁹	5,5·10 ⁺⁰⁶
Se-75					2,2·10 ⁺⁰⁵
Sr-89	6,0·10 ⁺⁰⁷			7,0·10 ⁺⁰⁷	
Sr-90	3,0·10 ⁺⁰⁷			3,7·10 ⁺⁰⁷	2,9·10 ⁺⁰⁷
Y-88					2,1·10 ⁺⁰⁵
Y-90				3,7·10 ⁺⁰⁷	
Zr-95	5,8·10 ⁺⁰⁶				
Zr-97	5,2·10 ⁺⁰⁶				
Nb-95	9,8·10 ⁺⁰⁶			6,5·10 ⁺⁰⁷	
Tc-99m	1,6·10 ⁺⁰⁸			5,2·10 ⁺⁰⁷	
Ru-103	1,3·10 ⁺⁰⁶				
Cd-109					2,2·10 ⁺⁰⁶
Ag-110m	7,0·10 ⁺⁰⁷			4,8·10 ⁺⁰⁷	
Sb-122	2,1·10 ⁺⁰⁷				2,5·10 ⁺⁰⁵
Sb-124	2,4·10 ⁺⁰⁸				
Sb-125	5,8·10 ⁺⁰⁸				7,7·10 ⁺⁰⁵
Te-123m		3,5·10 ⁺⁰⁷			
I-125					2,3·10 ⁺⁰⁷
I-131	2,9·10 ⁺⁰⁸	3,1·10 ⁺⁰⁶	3,9·10 ⁺⁰⁷	1,5·10 ⁺⁰⁶	9,1·10 ⁺⁰⁴
I-133	1,6·10 ⁺⁰⁶			3,4·10 ⁺⁰⁶	
Cs-134	1,1·10 ⁺⁰⁸		8,2·10 ⁺⁰⁷		9,4·10 ⁺⁰⁶
Cs-136	1,7·10 ⁺⁰⁷				
Cs-137	1,4·10 ⁺⁰⁹		1,3·10 ⁺⁰⁸	1,5·10 ⁺⁰⁹	6,8·10 ⁺⁰⁷
Ba-140					
La-140	2,7·10 ⁺⁰⁷		5,8·10 ⁺⁰⁶		
Ce-141			6,0·10 ⁺⁰⁶		
Ce-144	1,6·10 ⁺⁰⁶				5,8·10 ⁺⁰⁵
α-Strahler		9,1·10 ⁺⁰⁵	7,0·10 ⁺⁰⁵		
Ra-224					3,3·10 ⁺⁰⁴
U-234/238					3,0·10 ⁺⁰⁶
Pu-239/240					6,4·10 ⁺⁰⁶
Pu-238/Am-241					6,5·10 ⁺⁰⁶
Cm-244					1,2·10 ⁺⁰⁵

Tabelle 1d: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, 1997.
(Summe der bei Einzelmessungen nachgewiesenen Aktivitätsabgaben)

Nuklid	Abgaben (Q) ²⁾ [Bq im Jahr]				
	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
Gase				<0,1% AL	
Tritium			5,9·10 ⁺¹¹		1,2·10 ⁺¹²
C-11					1,9·10 ⁺¹³
C-14 ⁶⁾	4,0·10 ⁺¹⁰	1,0·10 ⁺¹¹	2,2·10 ⁺¹¹	2,0·10 ⁺¹¹	
N-13					1,9·10 ⁺¹³
O-15					5,8·10 ⁺¹³
Ar-41				7,6·10 ⁺⁰⁹	5,5·10 ⁺¹²
Kr-75					
Kr-76					
Kr-77					
Kr-79					
Kr-85				7,8·10 ⁺⁰⁹	7,6·10 ⁺¹¹
Kr-85m	9,5·10 ⁺¹⁰		7,4·10 ⁺¹⁰	8,5·10 ⁺⁰⁹	
Kr-87			2,0·10 ⁺¹⁰	7,4·10 ⁺⁰⁹	
Kr-88			1,6·10 ⁺¹⁰	1,3·10 ⁺¹⁰	
Kr-89				1,5·10 ⁺¹¹	
Xe-122					5,4·10 ⁺¹⁰
Xe-123					6,9·10 ⁺¹⁰
Xe-125					7,9·10 ⁺¹⁰
Xe-127					5,1·10 ⁺¹⁰
Xe-131m				6,6·10 ⁺¹¹	
Xe-133	1,8·10 ⁺¹²	1,7·10 ⁺¹³	8,8·10 ⁺¹²	8,6·10 ⁺¹⁰	
Xe-133m				3,3·10 ⁺¹⁰	
Xe-135	1,0·10 ⁺¹²	2,1·10 ⁺¹²	3,3·10 ⁺¹²	3,2·10 ⁺¹⁰	
Xe-135m			3,2·10 ⁺¹²	1,0·10 ⁺¹¹	
Xe-137				6,8·10 ⁺¹⁰	
Xe-138			5,8·10 ⁺¹¹	1,6·10 ⁺¹⁰	
EG-Aequiv. ⁴⁾				2,3·10 ⁺¹¹	
Andere	1,6·10 ⁺¹¹	2,1·10 ⁺¹²			
Jod				<0,1% AL	
I-122					2,2·10 ⁺¹⁰
I-123					2,6·10 ⁺¹⁰
I-124					1,3·10 ⁺⁰⁶
I-125					9,3·10 ⁺⁰⁷
I-126					3,3·10 ⁺⁰⁶
I-131	5,2·10 ⁺⁰⁷	7,3·10 ⁺⁰⁷	4,3·10 ⁺⁰⁸	7,2·10 ⁺⁰⁶	6,0·10 ⁺⁰⁷
I-133	1,9·10 ⁺⁰⁷				

Tabelle 1e: Abgaben der Kernanlagen mit der Abluft, 1997. (Fortsetzung)

	Beznau	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	PSI
β-/γ-Aerosole⁵⁾	<0,1% AL	<0,1% AL	<0,1% AL	<0,1% AL	
Cr-51				$5,5 \cdot 10^{+05}$	
Co-58				$1,5 \cdot 10^{+04}$	
Co-60	$4,8 \cdot 10^{+05}$	$8,1 \cdot 10^{+05}$	$3,8 \cdot 10^{+05}$	$2,9 \cdot 10^{+06}$	$4,2 \cdot 10^{+05}$
Zn-65				$1,0 \cdot 10^{+05}$	$9,8 \cdot 10^{+06}$
Ge-69					$1,7 \cdot 10^{+06}$
Se-75					$1,6 \cdot 10^{+06}$
Br-76					$1,6 \cdot 10^{+07}$
Br-77					
Br-82					$6,1 \cdot 10^{+08}$
Sr-90					$7,7 \cdot 10^{+04}$
Mo-99					$1,0 \cdot 10^{+08}$
Ru-103					$8,6 \cdot 10^{+05}$
Ru/Rh-106					$4,9 \cdot 10^{+06}$
Ag-110m		$1,4 \cdot 10^{+05}$			$4,9 \cdot 10^{+06}$
Te-121m					$1,0 \cdot 10^{+04}$
Te-123m					$1,4 \cdot 10^{+05}$
Te-125m					$6,3 \cdot 10^{+06}$
Sb-124		$2,8 \cdot 10^{+04}$			
Sb-125					$9,0 \cdot 10^{+05}$
Cs-134				$5,3 \cdot 10^{+06}$	$2,9 \cdot 10^{+06}$
Cs-137	$4,8 \cdot 10^{+05}$	$5,2 \cdot 10^{+03}$			
Ba-140			$1,1 \cdot 10^{+07}$		
Ce-141			$8,2 \cdot 10^{+04}$	$1,9 \cdot 10^{+04}$	
Re-182					$6,8 \cdot 10^{+07}$
Re-188					$5,4 \cdot 10^{+05}$
Os-182					$2,9 \cdot 10^{+08}$
Os-183					$1,4 \cdot 10^{+08}$
Os-185					$8,3 \cdot 10^{+06}$
Au-193					$2,6 \cdot 10^{+08}$
Hg-193m					$1,7 \cdot 10^{+08}$
Hg-195					$5,8 \cdot 10^{+08}$
Hg-195m					$8,8 \cdot 10^{+07}$
Hg-197m					$9,0 \cdot 10^{+07}$
Total β -Aerosole	$9,5 \cdot 10^{+05}$				
α-Aerosole		$4,0 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$		
Po-210					$4,1 \cdot 10^{+05}$

Fussnoten zu Tabelle 1a-d

1. Abgabelimite gemäss Bewilligung der jeweiligen Kernanlage. Die **Abgabelimite** wurden so festgelegt, dass die radiologische Belastung der kritischen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung unter 0.2 mSv/Jahr bleibt. Bei einigen Stoffgruppen und Abgabestellen des PSI wurde auf die Festlegung von Jahresabgabelimite verzichtet, da auch bei dauernder Ausschöpfung der Kurzzeitabgabelimite die resultierende Dosis unbedeutend klein ist.
2. Die **Messung der Abgaben** erfolgt nach den Erfordernissen der Reglemente "für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks ..." resp. des Reglementes "für die Abgabe radioaktiver Stoffe und deren Überwachung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)". Die Messgenauigkeit beträgt ca. $\pm 50\%$. Abgaben unterhalb 0,1% der Jahresabgabelimite werden von der HSK als nicht-relevant betrachtet und mit „<0,1% AL“ angegeben. Sofern für ein Nuklidgemisch keine nuklidspezifische Messungen vorliegen, wird für die Dosisberechnung und allfällige Äquivalentumrechnungen von einem Standardnuklidgemisch ausgegangen. Für Aerosole wird beim KKB ein Gemisch von 50% Co-60 und 50% Cs-137 angenommen. Beim KKG wird für die Edelgase eine β -total-Messung durchgeführt (siehe den Wert in Klammern); für die Berechnungen (Abgabe-Äquivalent und Dosis) wurde in diesem Fall ein Gemisch von 80% Xe-133, 10% Xe-135 und 10% Kr-88 angesetzt.
3. **Berechnete Jahresdosis** (effektive Äquivalenzdosis) 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 $3,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$, in Gösgen $9,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{Jahr}$, in Würenlingen (PSI) und in Beznau $1,8 \cdot 10^{10} \text{ m}^3/\text{Jahr}$ und des Rheines in Leibstadt $3,3 \cdot 10^{10} \text{ m}^3/\text{Jahr}$).
Dosiswerte kleiner als 0,001 mSv - entsprechend einer Dosis, die durch natürliche externe Strahlung in ca. zehn Stunden akkumuliert wird - werden nicht angegeben.
Die Berechnungen erfolgten nach den in der HSK-Richtlinie R-41 angegebenen Modellen und mit den ebenfalls dort festgelegten Parametern.
4. Angabe in **Abgabe-Äquivalenten**:
Abwasser: Abgaben in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-LE-Wert von 200 Bq/kg. Die LE-Werte für die einzelnen Nuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein LE-Wert von 200 Bq/kg entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Ingestions-Dosisfaktor von $5 \cdot 10^{-08} \text{ Sv/Bq}$.
Edelgase: Abgaben in Bq/Jahr normiert auf einen Referenz-CA-Wert von $2 \cdot 10^{+05} \text{ Bq/m}^3$ (für KKW) resp. $5 \cdot 10^{+04} \text{ Bq/m}^3$ (PSI, Argon-41-Äquivalent). Die CA-Werte für die Edelgasnuklide sind dem Anhang 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV) entnommen. Ein CA-Wert von $2 \cdot 10^{+05} \text{ Bq/m}^3$ entspricht einem Referenz-Nuklid mit einem Immersions-Dosisfaktor von $4,4 \cdot 10^{-07} (\text{Sv/Jahr})/(\text{Bq/m}^3)$.
Jod (Für das PSI): Jod-131-Äquivalente berechnet durch gewichtete Summation der Abgaben sämtlicher Jod-Nuklide, wobei sich der Gewichtungsfaktor aus dem Verhältnis des Ingestionsdosisfaktors des jeweiligen Nuklides zum Ingestionsdosisfaktor von I-131 ergibt. Die Ingestionsdosisfaktoren sind der StSV entnommen.
5. 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. 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.
7. **Ausbreitungsäquivalente**: Um die Zahl der Abgabelimite für das PSI zu begrenzen, werden verschiedene Abgabestellen unter "Übrige Ost" respektive "Übrige West" zusammengefasst. Dies ist nur möglich, wenn die tatsächlich gemessenen Abgaben in ausbreitungsäquivalente Werte umgerechnet, d.h. mit Hilfe der Ausbreitungsfaktoren auf die Eigenschaften (Abgabehöhe, Ausstosseschwindigkeit) einer Referenz-Abgabestelle normiert werden.
Sowohl für die Abgabelimite wie für die Abgaben sind in der Tabelle für die "Übrigen Ost" resp. "Übrigen West" ausbreitungsäquivalente Werte angegeben.

8.2. Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernanlagen

F. Cartier, A. Leupin, W. Baur und M. Schibli

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

Die externe Strahlung ist mit dem **Messnetz** zur **automatischen Dosisleistungsüberwachung** in der **Umgebung** der **Kernkraftwerke** (MADUK) ständig überwacht worden. Um das KKB und das PSI sind 17, beim KKG 16 und beim KKL und KKM je 12 Ortsdosisleistungsmesssonden bis zu einem Abstand von bis zu ca. 5 km in Betrieb. Die Messwerte dieser MADUK-Sonden werden alle 10 Minuten in die Zentrale übertragen und automatisch analysiert. Abweichungen vom natürlichen Schwankungsbereich werden signalisiert und dem HSK-Pikett gemeldet, falls folgende Kriterien erfüllt sind:

- Ortsdosisleistung grösser $1 \mu\text{Sv/h}$ während 10 Minuten an einer einzelnen MADUK-Station.
- Umgebungsmittelwert grösser $0,18 \mu\text{Sv/h}$ während 30 Minuten. (Mittelwert der Ortsdosisleistung der MADUK-Stationen in einer KKW-Umgebung.)
- Netto-Dosisleistung grösser $0,05 \mu\text{Sv/h}$ während 30 Minuten an einer einzelnen MADUK-Station, falls diese bei den aktuellen Windverhältnissen im Ausbreitungsgebiet stehen würde. (Die Netto-Dosisleistung wird so berechnet, dass vom Messwert der Mittelwert aller Stationen einer KKW-Umgebung und ein für den Ort der jeweiligen MADUK-Station ortsspezifischer Dosisleistungsunterschied subtrahiert wird.)

Der Betrieb des MADUK-Messsystems kann mit einer Verfügbarkeit von 99,8 % der Messdaten im Jahre 1997 insgesamt als sehr gut bezeichnet werden.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden alle MADUK-Sonden mittels einer radioaktiven Quelle erfolgreich überprüft. Zusätzlich werden jedes Jahr bei 1/3 der Sondenstandorte mittels Gamma-Spektrometrie und Reuter-Stokes-Ionisationsmesskammern in-situ Messungen zu Beweissicherungszwecken durchgeführt.

Im Berichtsjahr wurde insgesamt 9 Mal bei einer MADUK-Sonde eine Erhöhung der Ortsdosisleistung festgestellt, die oberhalb des natürlichen Schwankungsbereichs lag. In 5 Fällen handelte es sich um vorangemeldete Arbeiten in unmittelbarer Nähe der MADUK-Sonden, wie Schweissnahtprüfungen an Erdgasleitungen oder Kalibrierarbeiten bei den NADAM-Sonden (**N**etz für **a**utomatische **D**osis-**A**larmierung und **-M**eldung). In zwei Fällen wurde die Dosisleistungserhöhung durch Schweissnahtprüfungen an einer Erdgas- resp. Fernheizungsleitung in der Nähe der Sonde verursacht. Bei einer weiteren Messstation wurde unmittelbar neben der Sonde ein Schweissaggregat aufgestellt und betrieben, was zu Störeinflüssen führte. Im letzten Fall wurde im Abstand von ca. 5 Tagen an einer Messstation je ein leicht erhöhter Messwert (maximal 190 nSv/h) registriert. Das Erscheinungsbild ist hier identisch mit einer bereits im vorangegangenen Jahr festgestellten Störung. Die nachträgliche Analyse ergab, dass die Störungen immer während Phasen mit starken Winden ($>15 \text{ m/s}$) auftraten. Gemäss Aussagen des Sondenherstellers wurde derselbe Befund in vereinzelt Fällen auch schon bei anderen Überwachungssystemen festgestellt.

Die 1997 durchgeführten TLD-Messungen der KKW am Arealzaun und in der Umgebung, die Ergebnisse aus Messfahrten mit Ionisationskammern sowie die vierteljährlichen, stichprobenweise von der HSK durchgeführten Dosisleistungsmessungen am Arealzaun der KKW und des PSI lagen im Wertebereich der Vorjahre. Fig. 1 im nachfolgenden Kapitel zeigt die diesjährigen Werte für die TLD-Messungen. Der höchste Nettowert von ca. 2,5 mSv pro Jahr wurde am KKL-Zaun registriert. Am PSI-Zaun (West) bei den Abfallagern betrug der höchste Wert ca. 0,8 mSv pro Jahr. In der Nahumgebung des PSI-West ist infolge der Beschleuniger die Neutronendosis leicht erhöht. Bei der etwa 100 Meter entfernten Scheune betrug der Wert 0.11 mSv/Jahr.

Der Grenzwert von 5 mSv/Jahr für die Ortsdosisleistung im Freien blieb überall eingehalten (StSV, Art. 102).

8.3. Environnement des installations nucléaires

Ch. Murith, A. Gurtner Section de surveillance de la radioactivité, SUER
Office fédéral de la santé publique
Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg

8.3.1. Introduction

Le contrôle des émissions des installations nucléaires (8.1.) a montré que les rejets 1997 des exploitants sont largement inférieurs aux limites réglementaires. A partir de ces rejets effectifs, les doses calculées sur la base de modèles pénalisants représentent pour la population avoisinante quelques μSv , soit quelques pour-cent de la valeur directrice de 0.2 mSv/an. Par ailleurs, la surveillance en continu de l'exposition ambiante (8.2) n'a signalé dans les voisinages respectifs aucune augmentation significative, qui puisse être attribuée aux rejets des exploitants. Les mesures environnementales coordonnées par l'OFSP confirment que l'impact des installations nucléaires sur l'environnement et la population est resté bien inférieur en 1997 aux valeurs limites fixées par l'Ordonnance de radioprotection ORaP. Ces contrôles additionnels très sensibles permettent néanmoins de détecter dans quelques compartiments de l'environnement des traces de radionucléides rejetés ainsi que l'influence du rayonnement direct dans le voisinage de certaines installations.

8.3.2. Méthode et résultats

La surveillance de l'environnement des installations nucléaires commence au terme source par le contrôle périodique effectué par la DSN et l'OFSP sur les effluents atmosphériques et liquides en phase de rejet. Elle se poursuit à proximité immédiate des installations par le contrôle régulier de l'influence du rayonnement direct en particulier à la clôture (fig. 1). Les autres contrôles dans l'environnement, qui tiennent essentiellement compte des paramètres de dispersion des rejets, portent sur la surveillance du milieu atmosphérique et terrestre (fig. 2), du milieu aquatique (fig. 3) et des denrées alimentaires (fig. 4). Les méthodes de prélèvement et de mesure sont constamment adaptées aux connaissances techniques et au retour d'études radioécologiques. La synthèse des principaux résultats enregistrés en 1997 est exposée ci-après:

a) effluents atmosphériques et liquides et rayonnement direct

Les analyses parallèles d'échantillons prélevés en phase de rejet ont généralement montré une bonne concordance entre les résultats des autorités de contrôle DSN, OFSP et les exploitants. Ces mesures prouvent que la quantité des radioéléments rejetés ne représente qu'une fraction des valeurs limites de rejet et permettent de dégager les polluants susceptibles de marquer l'environnement. Elles mettent également en évidence des différences liées à l'âge et au type de réacteur. Ainsi les effluents liquides des anciens réacteurs (KKB, KKM) révèlent des concentrations en émetteurs gamma supérieures à celles des réacteurs plus récents (KKG, KKL). Ces mêmes effluents indiquent aussi des concentrations en tritium plus élevées pour les réacteurs à eau pressurisée (KKG, KKB) que pour la filière à eau bouillante (KKM, KKL). Par contre les réacteurs à eau bouillante rejettent plus de carbone-14 dans l'atmosphère et induisent un rayonnement direct plus important en

raison de l'azote-16 produit dans la turbine et dans le condenseur. Comme le montre la figure 1, qui inclut le fond naturel, le rayonnement direct des installations nucléaires suisses est resté inférieur en 1997 à la limite de 5 mSv/an (ORaP Art. 102) dans tout endroit en dehors de l'enceinte des installations.

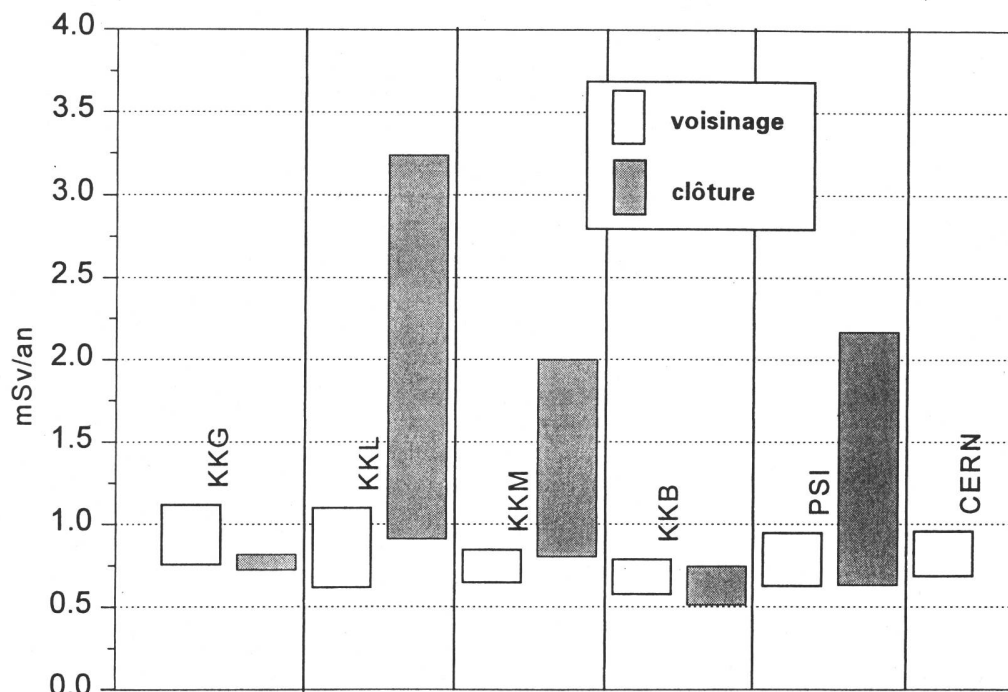


Figure 1: Domaine des valeurs (fond naturel compris) des dosimètres TLD répartis le long de la clôture et dans le voisinage des installations nucléaires pour 1997

b) milieu atmosphérique et terrestre

L'air et les précipitations sont les véhicules des contaminations atmosphériques. C'est pourquoi ils sont collectés en continu et analysés mensuellement ou hebdomadairement si nécessaire. Le contrôle des dépositions atmosphériques s'opère par l'intermédiaire de plaques de vaseline collectrices de poussières et finalement sur des échantillons d'herbe et de sol (0-5 cm). L'ensemble de ces mesures a indiqué les résultats suivants:

- concentrations mensuelles sur les filtres: ^7Be (1 à 5 mBq/m³), ^{137}Cs < 10 μBq/m³
- concentrations mensuelles des précipitations: ^7Be (0.1 à 1.5 Bq/l), ^{137}Cs < 10 mBq/l
- dépôts mensuels sur plaques de vaseline: bêta total (1 à 7 Bq/m²), ^{137}Cs < 1 Bq/m²
- concentrations dans l'herbe (Bq/kg sec): ^7Be (60-400); ^{40}K (400-1600); ^{137}Cs (< 1-6); ^{90}Sr (1-5)
- concentrations dans le sol (Bq/kg sec): ^{40}K (360-720); ^{226}Ra (22-40); ^{228}Ac (24-35); ^{137}Cs (12-46); ^{90}Sr (1.4-6.3) et $^{239/240}\text{Pu}$ (0.1-0.3).

On ne constate aucune incidence attribuable aux rejets atmosphériques des installations nucléaires suisses en 1997, mais l'omniprésence des radionucléides d'origine naturelle ^7Be , ^{40}K et descendants des séries ^{238}U (^{226}Ra) et ^{232}Th (^{228}Ac). On retrouve également les témoins artificiels des retombées de Tchernobyl (^{137}Cs) et des essais nucléaires passés (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239/240}\text{Pu}$).

La seule anomalie dans le milieu atmosphérique concerne la concentration de tritium (^3H) enregistrée en décembre 1997 à la station de Niederruntigen (voisinage KKM). Cette augmentation inhabituelle s'explique vraisemblablement par les rejets ^3H de l'entreprise mb microtec de Niederwangen située à env. 9 km de la station de prélèvement. Des conditions météorologiques exceptionnelles ont sans doute favorisé la dispersion vers la station de Niederruntigen. La figure 2 confronte les concentrations mesurées dans une station intermédiaire du voisinage proche de l'entreprise mb microtec avec celle de Niederruntigen. Pour les autres stations du voisinage des installations nucléaires, les concentrations en tritium des précipitations sont restées comprises entre 2 et 15 Bq/l.

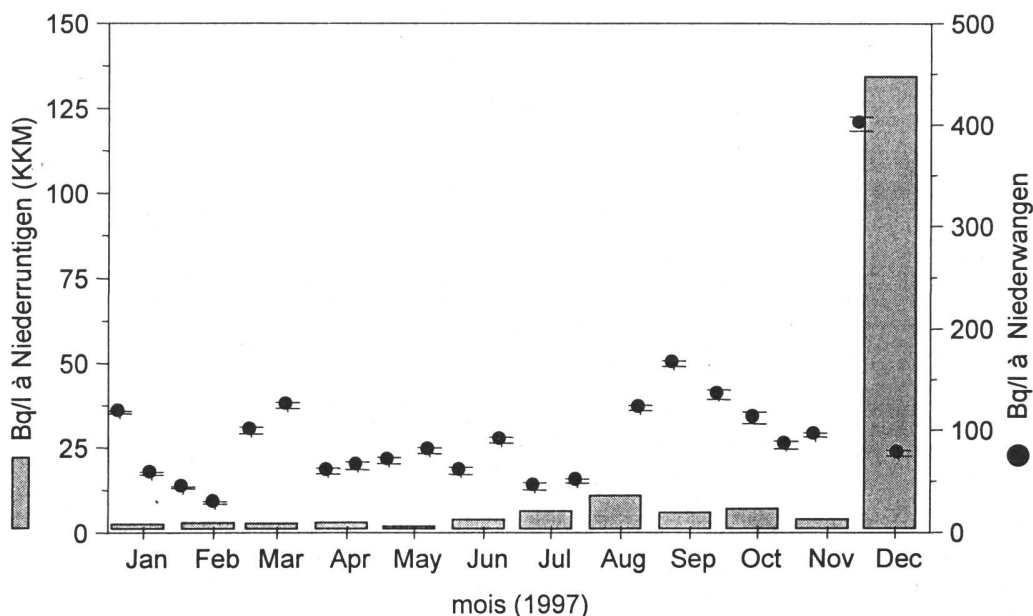


Figure 2: Suivi de la teneur en tritium dans les précipitations du voisinage de Mühleberg et de l'entreprise mb microtec de Niederwangen en 1997.

c) milieu aquatique

Comme le laissent prévoir les analyses des rejets liquides, on peut s'attendre à détecter des traces de produits d'activation dans l'eau et les sédiments en particulier en aval des centrales nucléaires de Mühleberg et Beznau. Les endroits et les techniques de prélèvement ainsi que les méthodes d'analyse subséquentes ont été optimisées par l'EAWAG sur la base des études radioécologiques publiées antérieurement. Il en résulte les concentrations suivantes dans l'eau de l'Aar (en aval KKM) et du Rhin à Weil (frontière germano-suisse en aval de toutes les installations nucléaires suisses):

Aar: ^7Be (2-10 Bq/m³), ^{210}Pb (1-20 Bq/m³), ^{58}Co (< 4 Bq/m³), ^{60}Co (1-20 Bq/m³), ^{65}Zn (1-4 Bq/m³)
 Rhin: ^7Be (4-280 Bq/m³), ^{210}Pb (2-12 Bq/m³), ^{58}Co (< 3 Bq/m³), ^{60}Co (0.3-0.7 Bq/m³), ^{65}Zn (< 5 Bq/m³)

De faibles traces de ^{60}Co sont aussi mesurées dans les eaux de la nappe phréatique à Aarberg (5.7 ± 0.6 Bq/m³) et à Pratteln (0.6 ± 0.2 Bq/m³). Un piégeage efficace des radionucléides rejetés par les installations dans les cours d'eau s'obtient à l'aide de trappes à sédiments, comme l'illustre la figure 3 pour les stations des barrages de Niederried (en aval KKM), de Klingnau (en aval KKB/PSI) et de Augst (proche de la frontière en aval de toutes les installations nucléaires suisses). Les analyses correspondantes effectuées sur la chair de différents poissons n'indiquent par contre aucun transfert de ces radionucléides.

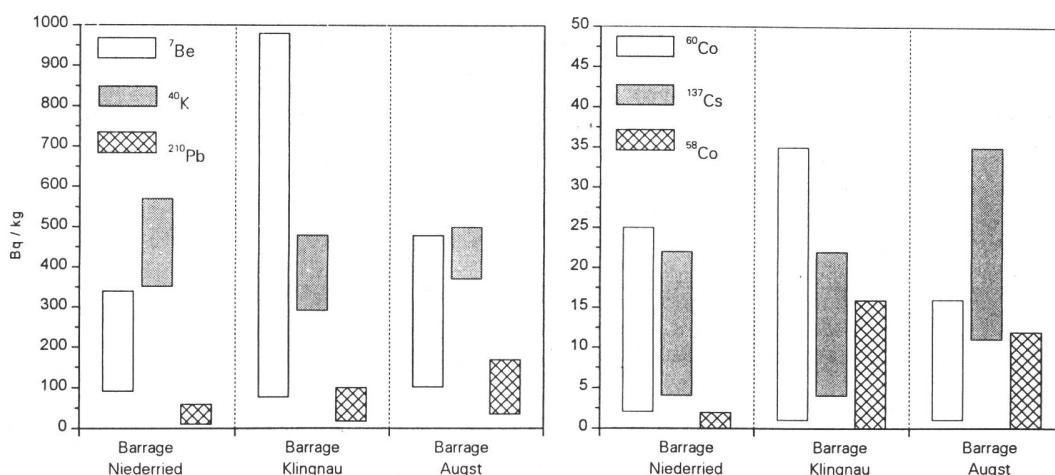


Figure 3: Domaine des concentrations mensuelles dans les trappes à sédiment en 1997

d) denrées alimentaires

Ultime maillon susceptible de véhiculer les contaminations vers la population, la chaîne alimentaire fait l'objet de suivis réguliers en particulier par les laboratoires cantonaux. Les contrôles portent essentiellement sur le lait, les céréales, les fruits et légumes ainsi que certains indicateurs de pollution comme les champignons. L'ensemble des examens 1997 n'a signalé aucun impact des rejets dans ces échantillons, dont les résultats sont résumés dans la figure 4. Par contre les mesures de carbone-14 dans les feuillages mettent en évidence une faible contribution des rejets atmosphériques, en particulier auprès des réacteurs à eau bouillante. Le carbone-14 assimilé dans les produits agricoles ingérés est à l'origine d'une irradiation interne de quelques $\mu\text{Sv}/\text{an}$.

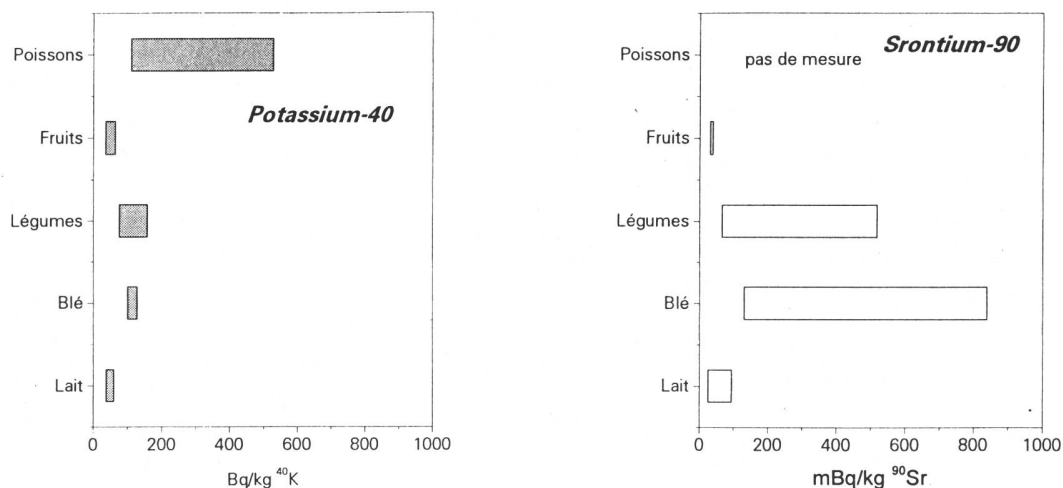


Figure 4: Domaine des concentrations dans certains aliments du voisinage des installations nucléaires en 1997

8.3.3. Ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens

Le site a été démantelé et soustrait à la législation sur les installations nucléaires. Le Conseil fédéral a cependant chargé l'OPSP (qui a mandaté l'IRA pour cette tâche) de surveiller le site durant les 30 prochaines années. Ces contrôles portent sur les eaux de drainage de l'ancienne caverne, évacuées vers la Broye. Les 12 échantillons mensuels de 1997 n'ont signalé aucune activité gamma supérieure aux limites de détection ($^{137}\text{Cs} < 0.5 \text{ Bq/l}$).

Concernant l'activité des émetteurs bêta, les concentrations de ^{90}Sr sur le mélange des prélèvements semestriels sont restées inférieures à la limite de détection de 0.02 Bq/l , tandis que les mesures de tritium sur le mélange des prélèvements trimestriels ont indiqué des valeurs comprises entre 21 et 51 Bq/l.

Ces contrôles confirment que l'évacuation des eaux de drainage, qui sont ensuite diluées dans la Broye, n'a aucun impact du point de vue de la radioprotection.

8.3.4. Conclusions

Les nombreux contrôles effectués en 1997 dans les différents compartiments de l'environnement des installations nucléaires suisses ont confirmé que leur fonctionnement n'est à l'origine d'aucune dose inadmissible pour la population avoisinante. Comme pour le reste du pays, cette population est essentiellement exposée à l'irradiation d'origine naturelle et à la faible irradiation subsistante issue des essais nucléaires passés et des retombées de Tchernobyl. Les traces des rejets constatées dans l'environnement ainsi que les doses attribuables au rayonnement direct des installations n'indiquent pas de contribution susceptible d'avoir été omise ou sous-estimée dans l'évaluation des doses à partir des rejets effectifs et des modèles pénalisants sur lesquels se basent les calculs (8.1.). Nous remercions tous les laboratoires impliqués dans le plan de prélèvement et de mesure autour des installations nucléaires pour leur fructueuse collaboration et leur mise à disposition des résultats.

8.4. Contrôle de l'environnement autour du CERN

M. Höfert, P. Vojtyla et D. Wittekind CERN TIS-RP, 1211 Genève 23

Résumé

Les résultats en 1997 des mesures du programme de contrôle de l'environnement du CERN montrent que l'influence radiologique du fonctionnement des installations de l'Organisation sur l'environnement a été très faible. Les doses efficaces pour la population avoisinante restent largement en dessous des normes dans la législation des deux Pays Hôtes, la Suisse et la France.

8.4.1. Introduction

Le programme de contrôle de l'environnement est constamment adapté pour couvrir les nouvelles installations du CERN (LHC) et faire face à l'évolution du mode de fonctionnement des accélérateurs existants.

Une description détaillée des moyens de mesure et du programme se trouve dans le Rapport annuel du Groupe Radioprotection [Höf98] qui comporte:

- 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 que 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).

La situation géographique des sites du CERN est présentée dans la figure 1 qui contient également des points de mesure à l'extérieur des sites.

8.4.2. Contrôle de la radioactivité

Contrôle de l'émission

Les rejets de la radioactivité dans l'environnement par la ventilation de différentes installations des accélérateurs du CERN sont contrôlés par des chambres à ionisation (PMVG) pour la mesure de l'activité bêta et par la collection des aérosols (PMV) sur des filtres en fibre de verre qui sont mesurés au laboratoire par des compteurs bêta de grande surface et des détecteurs de germanium pour une spectroscopie gamma.

Les rejets radioactifs par la voie d'eau sont contrôlés par des moniteurs (PMW) consistant en cristaux de NaI(Tl) immergés dans des réservoirs d'eau. Ces mesures en continu sont complétées à tous les points du CERN où les eaux quittent les sites par des dispositifs automatiques de prélèvement d'eau. En plus des mesures de tritium, une fois par mois, 4

litres d'un échantillon sont évaporés pour une analyse de la radioactivité à faible niveau permettant des mesures de l'activité bêta totale et une spectrométrie gamma.

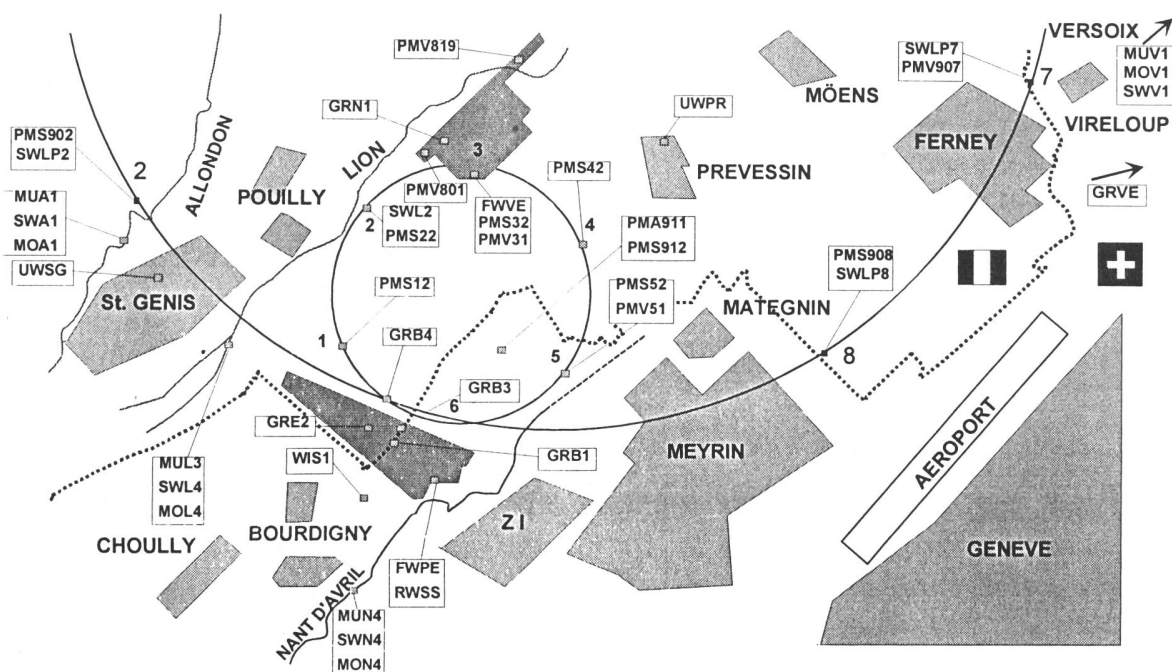


Figure 1: Les sites de Meyrin et de Prévessin du CERN et l'implantation de l'anneau du super proton synchrotron (SPS) et de l'anneau de stockage électron-positon (LEP) dans la région frontalière entre la France et la Suisse. Les points marqués sur le plan sont des endroits de mesure ou d'échantillonnage généralement à l'extérieur des sites du CERN. Pour des points de mesure à l'intérieur des sites consulter le rapport annuel du groupe Radioprotection [Höf98].

Légende: PMSxx: MONITEURS DE SITE pour la mesure du rayonnement diffusé (gamma et neutron) sur les sites du CERN et dans l'environnement. PMVGxx: MONITEURS DE L'AIR installés aux points de rejet de l'air par la ventilation. Les chambres à ionisation mesurent directement la radioactivité bêta dans l'air. PMVxx: ECHANTILLONNEURS D'AEROSOLS installés en combinaison avec les moniteurs PMVG pour la collection des aérosols sur des filtres afin de mesurer les activités bêta et gamma de longue demi-vie. PMAxx: ECHANTILLONNEURS D'AEROSOLS installés sur les sites du CERN. PMWxx: MONITEURS D'EAU (cristaux de NaI) installés aux points de rejet d'eau du CERN pour une mesure continue de l'activité gamma. SWxx: Les échantillons de l'EAU DE REJET sont prélevés aux points de rejet du CERN d'une façon continue afin de les analyser au laboratoire à un faible bruit de fond tandis que les EAUX DE SURFACE sont prélevées dans les rivières. RWxx: Deux échantillonneurs de L'EAU PLUVIALE sont situés sur le site de Meyrin, en Suisse (RWSS), et sur le site de Prévessin, en France (RWSF). FWxx: Les Echantillons de L'EAU POTABLE sont prélevés aux stations de pompage de Peney et du Vengeron. UWxx: Les Echantillons de L'EAU SOUTERRAINE sont prélevés aux puits dans les villages autour du CERN, à Prévessin, Saint Genis et Versoix. MUxx, MOxx et PLxx: Les SEDIMENTS, les MOUSSES et les PLANTES de rivière pris aux mêmes endroits que l'eau de surface. WIxx: Un échantillon de VIN, GRxx: Echantillons de l'herbe.

Contrôle de l'immission

Les accélérateurs du CERN sont des sources de rayonnements diffusés surtout neutrons. Pour leur contrôle en continu, des stations de moniteurs (PMS) sont installées qui se composent d'une chambre à ionisation remplie d'argon d'une pression de 20 bars pour détecter des photons ou des particules chargées (muons) et d'un compteur BF3 entouré d'un modérateur (rem compteur) pour mesurer les neutrons diffusés.

Les aérosols sont collectés sur des filtres en fibre de verre qui retiennent des aérosols (PMA) et sont ensuite mesurés au laboratoire à l'aide de détecteurs proportionnels de grande surface et de détecteurs de germanium pour une spectroscopie gamma. On doit noter que, pour les échantillons d'eau, l'activité gamma n'est analysée que si l'on a constaté une activité bêta totale supérieure à 0,37 Bq/l.

Les eaux potables et souterraines (UW), les précipitations (RW) et les eaux de rivières (SW) sont évaporées et analysées au laboratoire en activité bêta totale. Enfin, d'autres échantillons sont prélevés périodiquement dans l'environnement en vue d'une analyse de leur teneur en substances radioactives: les sédiments de cours d'eau (MU), les herbes (GR), un échantillon de vin (WI) et dernièrement la végétation dans l'eau des rivières, mousse et plantes (MO et WP).

8.4.3. Résultats des mesures

Dans ce rapport, sont présentés les résultats de mesures concernant plutôt le territoire suisse. Plus de détails sur les résultats du programme complet se trouvent dans le rapport annuel du Groupe Radioprotection [Höf98].

Mesures des émissions

Les résultats des mesures concernant les émissions de radioactivité dans l'air pour les points de rejets sont présentés dans le tableau 1. L'impact radiologique en forme d'immission n'est notable que pour les activités beta/gamma dans l'air d'une période radioactive $T < 1$ jour comme montré dans le tableau 9. Dans ce tableau se trouve également une contribution non significative d'iode due aux expériences du séparateur des isotopes instantané (ISOLDE).

Tableau 1: **Les rejets de la radioactivité au cours de l'année 1997 attachée aux aérosols et dans l'air**

Moniteur (PMV)	Air rejeté 10 ⁶ · m ³	Aérosol Activité bêta		Aérosol Activité ⁷ Be		¹¹ C, ¹³ N, ¹⁵ O, ⁴¹ Ar Activités gazeuses		Zones de rejet
		mBq/m ³	MBq	mBq/m ³	MBq	kBq/m ³	TBq	
11	41	26	1.1	590	24	18	0.7	TT10 injection SPS
31	73	< 0.9	–	< 1	–	6	0.4	Anneau Principal SPS
51	65	< 0.5	–	11	0.72	–	–	Anneau Principal SPS
801	26	1.6	0.04	5.5	0.14	62	1.6	TT20 extraction Nord
Total			1.14		24.9		2.7	SPS
74	190	40	7.6	1300	247	17	3.2	Anneau Principal PS
72	46	13	0.60	440	20	50	2.3	TT60 extr. Ouest , PS
73	43	3.1	0.13	67	2.9	14	0.6	TT70 transfert p, PS
170	105	40	4.2	1400	147	127	13.3	ISOLDE
Total			12.5		417		19.4	PS/ISOLDE
901	241	< 0.15	–	< 1.0	–	–	–	LEP point 1
903	241	< 0.03	–	< 1.0	–	–	–	LEP point 3
905	241	< 0.12	–	< 1.2	–	–	–	LEP point 5
907	241	< 0.11	–	< 1.0	–	–	–	LEP point 7
TOTAL			14		442		22	SPS/PS/ISOLDE/LEP

Les résultats de la radioactivité dans les rejets d'eau vers la Suisse sont présentés dans le tableau 2. Leur contribution à l'impact radiologique du CERN sur l'environnement est comme pour toutes les années précédentes tout à fait négligeable (Tableau 9).

Tableau 2: Rejet de la radioactivité du CERN dans l'eau vers la Suisse en 1997.

Point de rejet	Quantité d'eau 10 ⁶ · m ³	Activité bêta totale		³ H		²² Na		Rejeté dans :
		Bq/l	MBq	Bq/l ^{a)}	MBq	Bq/l	MBq	
SWN1	7.85	0.09 ^{b)}	–	< 15	–	–	–	Le Nant d'Avril
SWN2	1.25	0.13 ^{b)}	–	< 15	–	–	–	Le Nant d'Avril
SWN3	4.7	0.11 ^{b)}	–	< 15	–	–	–	Le Nant d'Avril
SW901	2.0	0.10 ^{b)}	–	< 15	–	–	–	Le Nant d'Avril
SWNA	0.000448	17	7.6	150	67	18	8.1	Peney ^{c)}
Total	15.8		7.6		67		8.1	

a) Limite de détection: 15 Bq/l.

b) L'activité relâchée correspond au bruit de fond naturel.

c) Usine de traitement d'eau

Mesures des immissions

Les doses intégrées totales, ainsi que les contributions des rayonnements gamma et neutron à ces doses, telles qu'elles ont été mesurées par les moniteurs de rayonnements (PMS) tout autour des sites sont présentées dans la figure 2.

L'influence du fonctionnement des accélérateurs du CERN est clairement visible sur les stations de mesure qui se trouvent à la clôture du site de Meyrin. La lecture du moniteur PMS 118 est influencée par la proximité du tunnel de transfert vers la zone expérimentale ouest et le PMS 123 est situé à la clôture proche du PS.

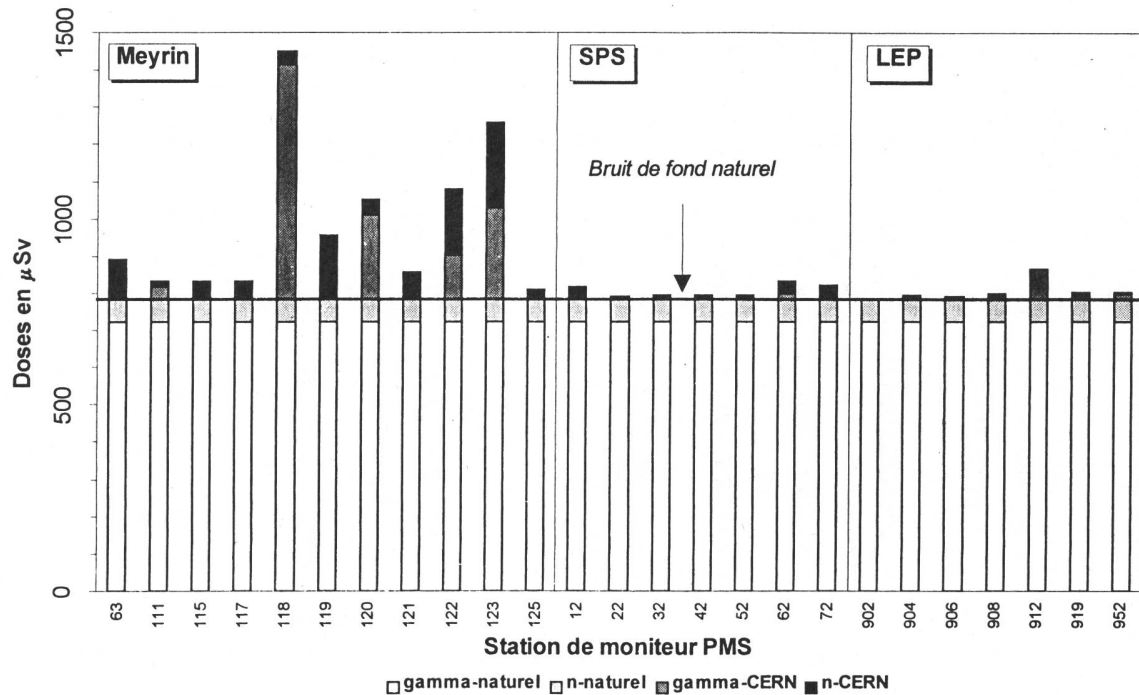


Figure 2: Doses annuelles des moniteurs de rayonnements diffusés en 1997.

Pour prouver que le CERN n'a pas d'influence radiologique dans les alentours le service de l'environnement procède à des mesures sur les échantillons de toutes sortes pris à l'extérieur des sites de l'Organisation. Les résultats des mesures de la radioactivité dans ces échantillons ayant trait à l'environnement: aérosols, eau potable et souterraine, précipitations, rivières, sédiments et végétations dans les rivières et végétation (herbes) sont résumés dans les figures 3 et 4 et dans les tableaux 3 à 8. On doit noter que, sauf le ^{40}K naturel et les radio-isotopes de Césium, les radionucléides pouvant être attribués à la radioactivité naturelle ne sont pas mentionnés. La concentration en tritium mesurée dans un échantillon de vin était en dessous de la limite de détection du compteur de 15 Bq/l. L'autre radionucléide identifié était le ^{40}K d'une concentration de 18 Bq/l.

Tableau 3: Résultats de mesures de l'eau potable et souterraine. Les valeurs pour le tritium sont en dessous de la limite de détection.

1997 Date	Echantillon*		Activité en Bq/l	
			bêta totale	Tritium
22.07	FWPE	Meyrin site - Peney	0,110	< 15
22.07	FWVE	Prévessin - Vengeron	0,100	< 15
22.07	UWPR	Prévessin, fontaine	0,150	< 15
22.07	UWSG	St. Genis, fontaine	0,032	< 15

*Limites de détection en Bq/l: ⁵⁴Mn: 0,26; ⁵⁸Co: 0,24; ⁶⁰Co: 0,25; ⁶⁵Zn: 0,46; ¹³⁴Cs: 0,26; ¹³⁷Cs: 0,3.

Tableau 4: Résultats de mesures dans des rivières. Le tritium est en dessous de la limite de détection.

1997 Date	Echantillon*	Rivière	Activité en Bq/l	
			bêta totale	Tritium
20.06	SWA1	L'Allondon	0,055	< 15
20.06	SWL4	Le Lion	0,110	< 15
20.06	SWN4	Le Nant d'Avril	0,110	< 15
20.06	SWV1	La Versoix	0,092	< 15

*Limites de détection en Bq/l: ⁵⁴Mn: 0,26; ⁵⁸Co: 0,24; ⁶⁰Co: 0,25; ⁶⁵Zn: 0,46; ¹³⁴Cs: 0,26; ¹³⁷Cs: 0,3.

Tableau 5: Résultats de mesures de la végétation dans des rivières.

1997 Date	Site et échantillon			Activité en Bq/kg matière fraîche		
				⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs
25.05	MOA1	L'Allondon	mousse	62	88	0.95
29.05	WPL0	Le Lion	plantes	189	39	0.34
25.05	WPL3	Le Lion	plantes	136	50	0.52
25.05	MON4	Nant d'Avril	mousse	95	372	5.9
08.06	MOV1	Versoix	mousse	64	74	1.6
08.06	MOV1	Versoix	mousse	59	91	5.7

*Limites de détection en Bq/l: ⁵⁴Mn: 0,26; ⁵⁸Co: 0,24; ⁶⁰Co: 0,25; ⁶⁵Zn: 0,46; ¹³⁴Cs: 0,26; ¹³⁷Cs: 0,3.

Le seul radionucléide détectable est le ⁷Be. Les variations de concentrations au CERN sont présentées dans la figure 3. Normalement le ⁷Be est détecté dans l'atmosphère comme radionucléide naturel de spallation produit par des interactions des rayonnements cosmiques avec l'azote et l'oxygène de l'air. Ce radionucléide d'une toxicité radiologique très faible se trouve également dans l'air des tunnels des accélérateurs à haute énergie et

peut donc être considéré comme un leitfossile (indicateur) de leur fonctionnement. Le graphique indique que dans les mois d'été les concentrations en ^7Be sont toujours plus élevées qu'en hiver mais qu'à cause du fonctionnement des accélérateurs elles augmentent davantage sur le site de Meyrin. En effet, la station PMA 71 est alignée à une des directions principales du vent envers l'expérience neutrino tandis que le moniteur PMA 126 se trouve au centre des émissions du complexe des pré-accelérateurs et ses tunnels d'extraction vers le SPS. En comparaison les valeurs de mesures de la station 612 PRE de l'O.P.R.I et du moniteur qui se trouve en Suisse à Oberschrot suivent bien les variations saisonnières qui sont observées par les autres stations du CERN. La contribution radiologique est très faible comme indiqué dans le tableau 9.

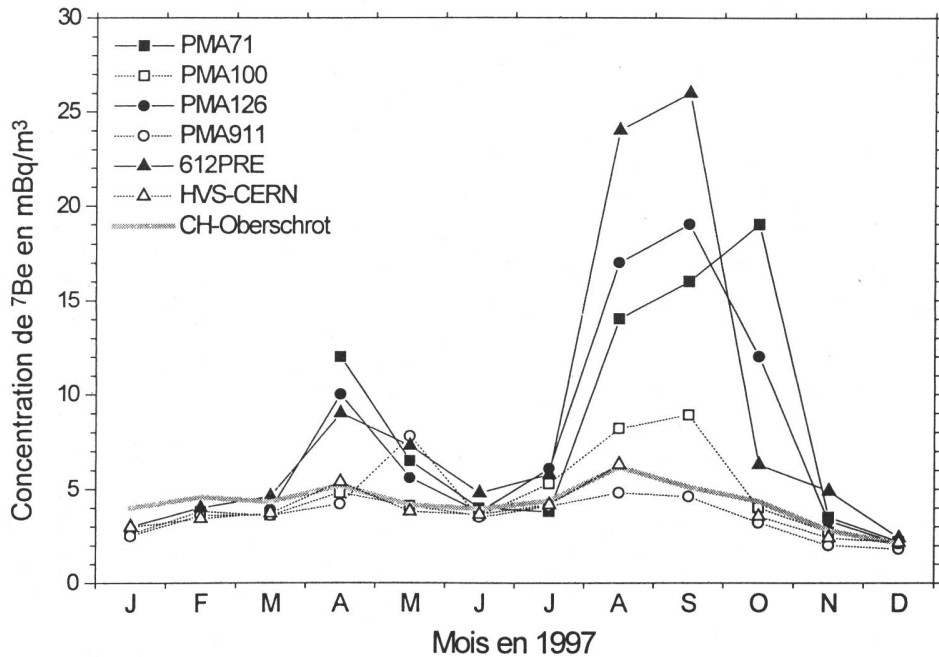


Figure 3: Activité de ^7Be dans l'aérosol pour sept stations de mesure dont six au CERN durant l'année 1997. PMA71: Près de l'expérience neutrino. PMA100: Site de Meyrin. PMA911: Près d'une ferme de Meyrin. PMA126: Proche du PS. 612PRE : Station de mesure d'OPRI à la douane de Meyrin, proche de l'expérience neutrino. HVS-CERN : l'échantillonneur à débit élevé de la SÜR sur le site de Meyrin. CH-Oberschrot : Station de mesure suisse à Oberschrot.

Tableau 7: Résultats de mesures dans des sédiments de rivières.

1997 Date	Echantillon *		Activité en Bq/kg matière sèche			
			Bêta totale	^{40}K	^7Be	^{137}Cs
20.06	MUA1	L'Allondon	410	290	7.2	1.7
20.06	MUL3	Le Lion	350	230	85	6.9
20.06	MUN4	Nant d'Avril	430	290	14	1.4
20.06	MUV1	Versoix	410	290	11	2.9

*Limites de détection en Bq/kg: ^{54}Mn : 0,22; ^{58}Co : 0,22; ^{60}Co : 0,22; ^{65}Zn : 0,37; ^{134}Cs : 0,23; ^{137}Cs : 0,25.

Tableau 8: Résultats de mesures des végétations.

1997 Date	Echantillon *		Activité en Bq/kg matière sèche		
			⁴⁰ K	⁷ Be	¹³⁷ Cs
14.05	GRB1	Meyrin site PS	700	100	-
21.05	GRB3	Meyrin ISOLDE	600	120	0.99
21.05	GRB4	NE du BA7	990	110	-
14.05	GRE2	NO de l'AA	630	84	-
14.05	GRN1	Zone Nord	710	120	-
21.05	GRVE	Le Vengeron †	1000	190	-

* Limites de détection en Bq/kg: ⁵⁴Mn: 0,87; ⁵⁸Co: 0,87; ⁶⁰Co: 0,96; ⁶⁵Zn: 2,0; ¹³⁴Cs: 0,87; ¹³⁷Cs: 0,92.
 † Echantillon de référence

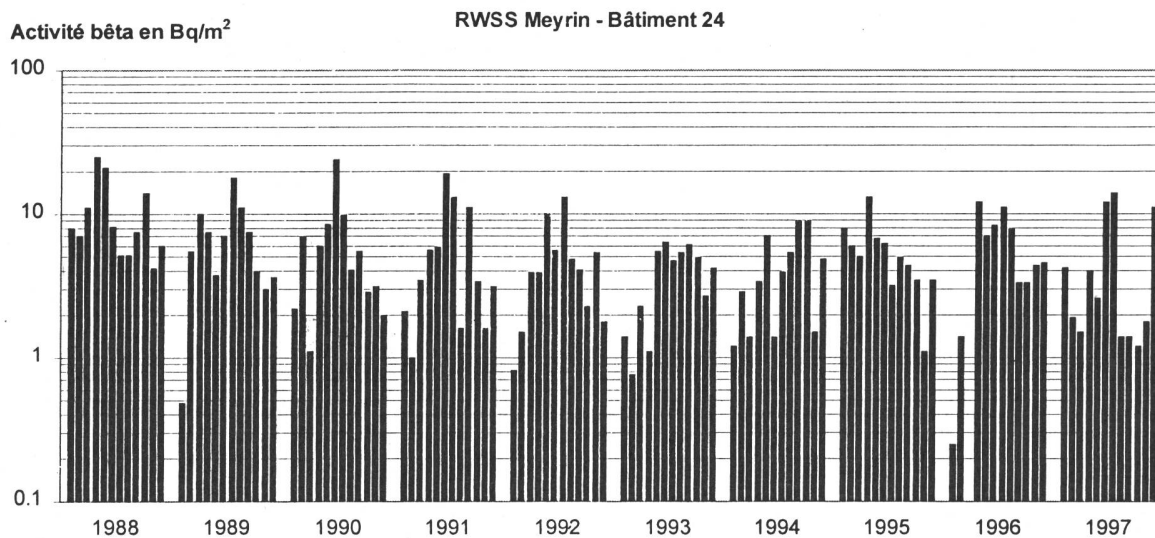


Figure 4: Activité bêta totale mesurée dans les précipitations capturées dans la station RWSS sur le site de Meyrin depuis 1988.

Tableau 9: Equivalent de dose ambiante des rayonnements diffusés en μSv et rejet de radionucléides en GBq du CERN en 1997 ainsi que les doses efficaces correspondantes en μSv pour le groupe critique de la population avoisinante du site de Meyrin.

	Rejets en 1997	Dose efficace en μSv
Rayonnement diffusé μSv:¹⁾	107	22
Rejets d'air en GBq:		
Tritium (en forme HTO gazeuse) ²⁾	14	< 0,001
⁷ Be (en aérosol)	0,442	0,003
Activités bêta/gamma ($T < 1$ jour)	22000	1,2
Autres émetteurs bêta/gamma ($T > 1$ jour)	0,014	0,07
Iodes radioactifs	0,00014	< 0,001
Emetteurs alpha (en aérosol)	0,06	3,2
Rejets liquides in GBq:		
Tritium (sous forme HTO)	66,8	0,011
⁷ Be	-	-
Activités bêta/gamma ($T < 1$ jour)	-	-
Autres émetteurs bêta/gamma ($T > 1$ jour)	0,00766	0,005
Emetteurs alpha	-	-
Total		26,5

1) Equivalent de dose ambiant du moniteur PMS 63 pour un temps d'occupation de 21 %.

2) La totalité du tritium relâché est considérée comme vapeur d'eau. Dans cette forme chimique le facteur de dose est le plus élevé.

8.4.4. Discussion

Les résultats de mesures présentés doivent être regardés dans le contexte de leur impact radiologique sur la population avoisinante du CERN. Pour une estimation des doses annuelles le groupe critique de la population vivant à proximité du site de Meyrin a été identifié. Les doses efficaces à partir des rayonnements ionisants et les rejets des radionucléides du site de Meyrin ont été calculés à l'aide de la Richtlinie HSK-R-41/d [HSK97]. Le résultat de cet exercice est présenté dans le tableau 9. Les rejets annuels locaux et qui sont évalués en-dehors du programme de surveillance de l'environnement sont également considérés dans ce tableau. Les informations détaillées peuvent être consultées dans le rapport annuel 1997 du Groupe Radioprotection [Höf98]. La contribution par les activités du CERN en dose efficace pour le groupe critique correspond à 3% de la dose par des sources naturelles (rayonnements cosmiques et terrestres) mesurés dans le bassin lémanique.

8.4.5. Conclusions

Les résultats du programme de surveillance de l'environnement montrent que le CERN est en accord avec les réglementations des deux pays hôtes et avec sa propre politique en matière de protection de l'environnement.

En particulier, les mesures effectuées montrent que le CERN est resté pour les rayonnements diffusés en dessous d'une valeur de 1500 μSv par an. La dose effective estimée pour le groupe critique de la population avoisinante à partir de ces rayonnements ainsi que des rejets radioactifs est de l'ordre de 10 % de la limite de 300 μSv par an fixée dans la référence HSK80. Comme dans les années précédentes, l'impact radiologique du CERN sur l'environnement continue d'être très bas, voire négligeable.

8.4.6. Références

- CERN96** Manuel de Radioprotection 1996, CERN, (1996).
- Höf98** M. Höfert (editor), Radiation Protection Group Annual Report (1997), CERN/TIS-RP/98-04 (1998).
- HSK80** Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Ziele für den Schutz der Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken, HSK-R-11/d (Mai 1980).
- HSK97** Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, HSK-R-41/d (Juli 1997).

8.5. Mesures des laboratoires officiels suisses concernant la surveillance du CERN

Ch. Murith, H. Völkle Section de surveillance de la radioactivité, SUER
Office fédéral de la santé publique
Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg

Annexe

Le site du CERN se trouve à la fois sur territoire français et suisse. Les autorités compétentes pour la protection radiologique des personnes travaillant au CERN et pour la surveillance de l'environnement et des populations avoisinantes sont les autorités de radioprotection des deux pays hôtes, c'est-à-dire l'OPRI pour la France et l'OFSP pour la Suisse. Cette collaboration a été réglée par l'accord entre le Conseil Fédéral suisse et l'Organisation européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN) sur la collaboration en matière de protection contre les radiations du 8 septembre 1993. Selon cet accord l'OFSP a accès en tout temps à l'ensemble des résultats radiologiques liés aux activités du CERN, qui est tenu d'établir un rapport périodique à l'intention des autorités des deux pays. L'OFSP (Division de la radioprotection), vérifie que les mesures de sécurité prises par le CERN respectent la législation en vigueur du point de vue de la radioprotection afin qu'aucune dose inadmissible ne résulte pour les populations avoisinantes. Comme autorité de contrôle et comme instance compétente pour la surveillance de la radioactivité de l'environnement, l'OFSP fait des inspections régulières sur le site du CERN. La Section de surveillance de la radioactivité (SUER/OFSP) et l'Institut de radiophysique appliquée de Lausanne (IRA), mandaté par l'OFSP, effectuent des mesures additionnelles de radioactivité sur le site et son voisinage. Le laboratoire du CERN participe régulièrement sur la demande de l'OFSP à des mesures d'intercomparaison nationales et internationales.

Les mesures officielles suivantes complètent celles réalisées par le laboratoire de radioprotection du CERN:

1. 10 dosimètres à thermoluminescence placés le long de la clôture du site, évaluation trimestriel par l'IRA.
2. Une station NADAM du réseau automatique pour la surveillance du débit de dose ambiant, comprenant 58 stations dans toute la Suisse, exploité par la CENAL.
3. Une station RADAIR du réseau automatique pour la surveillance de la radioactivité de l'air (aérosols), comprenant 11 stations dans toute la Suisse, exploité par la SUER.
4. Un collecteur d'aérosols à grand débit (600-800 m³/h) sur le site exploité par la SUER.
5. Spectrométrie gamma in-situ en 4 emplacements côté suisse par la SUER.
6. Spectrométrie gamma et analyse tritium d'échantillons d'eau collectés en continu dans le Rhône en aval de Genève (Chancy) et dans les eaux évacuées aux 2 STEP de Genève ("Aire" et "Nant d'Avril") par la SUER.

7. Spectrométrie gamma, selon besoin, sur des prélèvements additionnels de sol, d'herbe, de sédiments ou de plantes aquatiques, ainsi que de produits agricoles par la SUER.

Résultats de mesures

1. Les dosimètres à thermoluminescence (voir page B.8.3.2) ne signalent pas de valeurs qui se distinguent significativement du fond naturel.
2. La sonde NADAM (voir page B.3.3.3) n'indique aucune augmentation de l'exposition externe.
3. La station RADAIR en test de fonctionnement n'a mis en évidence aucune activité bêta artificielle dans les aérosols de l'air.
4. Les filtres aérosols à grand débit (voir page B.4.1.3 - 4) montrent comme dans les autres stations du plateau suisse la prédominance des isotopes naturels ^{210}Pb et ^7Be ainsi que des traces de ^{137}Cs attribuables à la resuspension du dépôt Tchernobyl.
5. La spectrométrie gamma in-situ (voir chap. B.3.1) confirme également la prédominance de la contribution naturelle. Le site à l'intérieur de l'enceinte du CERN a néanmoins indiqué la présence d' ^{41}Ar et une contribution du rayonnement direct. Le ^{137}Cs (accident de Tchernobyl et retombées des essais nucléaires) est sinon le seul radionucléide artificiel décelable avec des concentrations conformes à celles enregistrées au centre et à l'ouest du plateau suisse.
6. L'activité gamma et tritium de l'eau du Rhône près de Chancy (voir page B.4.3.7) présente des valeurs inférieures à 0.012 Bq/l (référé au ^{137}Cs) et pour le tritium entre 3 et 8 Bq/l, comme dans les autres rivières du plateau suisse. L'eau des 2 STEP de la région genevoise (Aïre et Nant d'Avril ; voir chap. B.9) indique des valeurs pour les émetteurs gamma < 2.5 Bq/l (référé au ^{137}Cs) et de 4 à 50 Bq/l pour le tritium.
7. Un échantillon de vin blanc (Chasselas ; Perle du Mandement), produit en 1995, a montré une concentration de tritium de 3.0 ± 0.4 Bq/l, ce qui correspond aux valeurs observées dans la pluie du plateau suisse. Un échantillon d'eau ainsi que des sédiments (boues) et de plantes aquatiques du ruisseau Nant d'Avril près du site du CERN, prélevés au printemps 1996 a mis en évidence les radioisotopes artificiels suivants: ^{137}Cs jusqu'à 20 Bq/kg, ainsi que de traces de ^{54}Mn , de ^{60}Co et de ^{155}Eu (les derniers provenant des rejets liquides du CERN) de quelques Bq/kg. Enfin l'analyse gamma comparative (CERN/SUER) d'un échantillon de sol prélevé à Chouilly le 9.9.97 a montré une bonne concordance $\pm 10\%$. Pour le ^{137}Cs exprimé en Bq/kg de matière sèche : CERN (48 ± 4) et SUER (45 ± 3).