Installations nucleaires : emissions & environnement

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Radioaktivität der Umwelt in der Schweiz = Radioactivite de l'environnement en Suisse = Radioattivita dell'ambiente in Svizzera**

Band (Jahr): **- (1989-1990)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

4. INSTALLATIONS NUCLEAIRES: EMISSIONS & ENVIRONNEMENT

F. Cartier, Division principale de la sécurité des installations nucléaires, DSN

Ch. Murith, Section de surveillance de la radioactivité, SUER/OFSP

4.1. Résumé

La surveillance des installations nucléaires englobe aussi bien le contrôle des **émissions** de matières radioactives, qui incombe en premier lieu à la **DSN,** que leur **incidence** sur l'environnement, dont la responsabilité relève de la **DSN** (voisinage immédiat) et de **l'OFSP** . Les mesures entreprises par ces deux instances ainsi que les déclarations des **exploitants** permettent une bonne vue d'ensemble de l'impact de ces installations sur **l'environnement** et la **population.** Il en résulte que toutes les installations nucléaires suisses ont **respecté** durant leur exploitation 1989/90 les valeurs-limite permises par les autorisations d'exploitation en vigueur concernant les émissions, basées sur le concept R-11 limitant la dose additionnelle d'une personne de leur voisinage à **0.2 mSv par an.** En fait, les valeurs réelles se situent 10 à 100 fois au-dessous de ces limites.

4.2 Objectifs et programme de mesure

Les dispositifs de contrôle mis en place dans les installations nucléaires ainsi que dans leur environnement ont pour **but** de s'assurer que les valeurs-limite de rejets sont respectées et de constater l'impact des substances radioactives rejetées dans l'environnement.

A cet effet, la **DSN** vérifie le bilan des **émissions** mesurées et communiquées par la centrale et se charge d'examiner la fiabilité des données de l'exploitant en participant à des mesures de calibration ainsi qu'à des analyses comparatives par échantillonnage, auxquelles la **SUER** s'associe périodiquement. En outre, les instances de contrôle et certaines centrales nucléaires prennent part à des **intercomparaisons internationales.**

Pour constater les **incidences** dans l'environnement, en plus des dispositifs de mesure de l'exploitant, la SUER et la DSN disposent d'un programme de **prélèvement** et de **mesure** approprié. Celui-ci tient compte de toutes les **voies essentielles** par lesquelles la radioactivité peut atteindre l'homme (air, eau, sol, chaîne alimentaire). L'évolution annuelle de l'activité des radionucléides artificiels de longue période est particulièrement surveillée, afin qu'un **accroissement graduel** de l'activité par suite d'un enrichissement dans la biosphère ne puisse passer inaperçu.

4.3 Méthode de mesure et d'évaluation

La surveillance des installations nucléaires repose d'une part sur des mesures du **débit de dose ambiante.** A cet effet, une vingtaine de dosimètres **TLD** répartis dans le voisinage de chaque centrale nucléaire jusqu'à 5 km de distance sont évalués trimestriellement. En outre, la DSN en collaboration avec la SUER effectue périodiquement des mesures du débit de dose le **long des clôtures** des centrales nucléaires afin de préciser l'influence de leur **rayonnement direct.** Ces mesures sont complétées par l'enregistrement continu du débit de dose dans les directions principales du vent à l'aide de **chambres d'ionisation** et de **sondes NADAM,** permettant des corrélations avec les paramètres des stations météorologiques locales. Enfin, la DSN et la SUER effectuent annuellement des **campagnes de mesure** du débit d'exposition externe instantané dans une trentaine de sites du voisinage de chaque centrale nucléaire avec une chambre d'ionisation.

D'autre part, la surveillance est approfondie par des **analyses spécifiques** plus fines (alpha, bêta, tritium, spectrométrie gamma en laboratoire et in situ, strontium-90, carbone-14, krypton-85, argon-37) de l'air, des précipitations, du lait, du froment, des eaux superficielles et souterraines, des poissons et des sédiments ainsi que d'autres échantillons de l'environnement. Les programmes et les méthodes de mesure correspondent aux standards scientifiques reconnus sur le **plan international.**

4.4 Aperçu des résultats de mesure

4.4.1 Emissions des centrales nucléaires
(Tab. 4a et 4b; fig. 4a - 4f)
CNM: Mühleberg; CNB: Beznau; CNG: Gösgen; CNL: Leibstadt

Les émissions totales annuelles 1989/90 sont confrontées aux émissions maximales permises selon l'autorisation d'exploitation dans les tableaux 4a et 4b, qui indiquent aussi les **doses effectives maximales** calculées pour des adultes et des enfants du voisinage (Ref.[1]). Ces dernières sont insignifiantes du point de vue de la radioprotection. Les fig. 4a à 4f exposent l'évolution des rejets liquides et gazeux ainsi que les doses qui en découlent depuis 1974. On remarque en particulier que les **rejets liquides** (sans le tritium) sont moindres dans les centrales nucléaires les plus récentes (fig. 4a). D'autre part, les rejets tritium sont plus faibles pour les réacteurs à eau bouillante (BWR) que pour ceux à eau pressurisée (PWR) d'environ un facteur 10 (fig. 4b), alors que pour les **effluents gazeux** (fig. 4c à 4e), une constatation inverse apparaît. Enfin, l'impact du rejet de radioactivité **non contrôlé** à la CNM en automne 86 ressort dans la fig. 4f, qui montre que les doses maximales aux personnes calculées à partir des rejets sont toujours restées **inférieures** à la valeur limite selon R-11.

4.4.2 Incidences dans l'environnement (Tab. 4c-4e; fig. 4g-4k)

- **Mesures du débit de dose ambiante:**

  Ces mesures ont confirmé l'influence du **rayonnement direct** dans le voisinage immédiat des centrales nucléaires. Les relevés **TLD** le long de la clôture de la CNL en constituent une illustration (fig. 4.g). En 1989/90, le rayonnement direct de nos centrales nucléaires est resté **inférieur** à la limite de dose ambiante de **0.1 mSv par semaine** pour des endroits accessibles au public à l'extérieur de leur clôture. Sa contribution n'est pas significative compte tenu du séjour **limité** du public à ces endroits. Dans les points non influencés par ce rayonnement, les valeurs se sont situées dans le domaine correspondant à l'irradiation naturelle et à ses fluctuations. Les contributions des **rejets** des centrales au débit de dose ambiante peuvent être déterminées par une méthode de calcul sur la base des mesures des dosimètres **TLD** (Réf. [1]) et ont donné pour 1989/90 des valeurs inférieures à **0.02 mSv par trimestre.** Pour illustrer la surveillance annuelle du débit de dose ambiante, la figure 4.h montre son suivi **continu,** enregistré à l'aide d'une chambre d'ionisation à Ufem Horn auprès de la CNM. On constate l'augmentation due aux retombées de **Tchernobyl,** à laquelle s'ajoute celle des rejets de la **CNM** de septembre 86. La fig. 4.i rend compte des mesures **instantanées** effectuées annuellement dans une trentaine de sites du voisinage de chaque centrale nucléaire. En 1990, le nombre de sites examinés a été réduit au profit de mesures in situ, ce qui explique la dispersion moindre des valeurs. D'autre part, les variations **météorologiques** locales et temporelles agissent aussi sur le domaine des valeurs. Ainsi, par exemple suite aux précipitations, la déposition au sol des descendants du radon entraîne une augmentation momentanée du débit de dose ambiante. Autres perturbations, les **activités humaines** (labourage, épandage, remblayage) peuvent d'une année à l'autre modifier les conditions environnantes et donc intervenir dans les variations observées. A ces perturbations, s'ajoute l'influence de la **remise en suspension** des particules radioactives par le vent.

- **Echantillons du plan de prélèvement:**

  La quintessence des résultats 89/90 des échantillons du plan de prélèvement spécifique au voisinage des centrales nucléaires suisses est exposée dans les tableaux 4c à 4e. Les concentrations dans les échantillons **d'air,** de **précipitations** et des **eaux** sont en général comparables à celles des autres stations de prélèvement en Suisse. Les activités maximales observées restituant le rapport Cs-134/Cs-137 Tchernobyl témoignent de la **remise en suspension** du césium par le vent et ne mettent en évidence **aucun impact** de nos installations nucléaires. Par contre, les **sédiments** et les **plantes aquatiques,** véritables réceptacles où s'accumulent les particules radioactives, indiquent en plus du césium de Tchernobyl et des essais nucléaires, des **traces** de cobalt-60 et de zinc-65 incombant aux centrales nucléaires. Comme le montre le tab. 4.d, les retombées de Tchernobyl restent décelables dans **l'herbe** et surtout dans le **sol.** Dans le voisinage de Mühleberg, en plus des valeurs indiquées, 3 à 10 Bq/kg de cobalt-60 ont été décelés dans certains échan-

tillons de sol et jusqu'à 3 Bq/kg dans ceux d'herbe correspondants, attestant encore les rejets CNM 1986.Dans le **lait** et les **froments,** (tab. 4e), les activités des émetteurs gamma artificiels sont inférieures aux **limites de détection.** Il en va de même pour les échantillons de salade, de pommes de terre et de pommes du voisinage de Leibstadt (Réf. [2]), ainsi que pour les légumes du voisinage de Mühleberg analysés par le Laboratoire cantonal de Berne. Quant au **strontium-90,** il provient encore en majeure partie de la retombée des **essais nucléaires passés.**

- **Mesures in situ** (voir aussi chap. 3.3)

  La figure 4.j montre le **suivi** des concentrations du césium-137 dans un des 4 sites examinés annuellement dans le voisinage de chaque centrale nucléaire (Ref. [3]). Les données en Bq/kg se basent sur une répartition **homogène** de l'activité. Elles mettent en évidende **l'augmentation** due à Tchernobyl en 1986 ainsi que la contribution **additionnelle** incombant aux rejets de la CNM à Ufem Horn. Le **recul** de l'activité à partir de 1987 témoigne de la **pénétration** du césium dans les couches plus profondes du sol. L'évolution plus **hétéroclite** observée dans la zone agricole Ufem Horn tient au fait qu'il n'a pas toujours été possible d'effectuer les mesures sur le **même** site d'une année à l'autre et dépend également des **interventions humaines** locales (labourage, épandage, remblayage) et de la **remise en suspension** par le vent des particules radioactives. Enfin, la fig. 4.k indique la part des contaminations subsistantes à l'exposition externe dans les sites examinés en 1989/1990. On y distingue les **essais nucléaires, Tchernobyl** et les rejets de la **CNM.** Le recul des contributions Tchernobyl et CNM est confirmé. Ainsi, l'exposition externe à Ufem Horn incombant aux rejets CNM a passé d'environ **40 nSv/h,** fin septembre 1986, à moins de **10 nSv/h** en 1989 et 1990. En comparaison, l'exposition externe **naturelle** prédomine.

4.5 Mesures particulières

- Les mesures in situ additionnelles, effectuées avec la DSN en complément de **l'aéroradiométrie-EPFZ** (Ref. [4] et chap. 3.9), n'ont signalé aucune contamination attribuable aux rejets des centrales nucléaires, si l'on excepte le rayon Ufem Horn (CNM), où des traces de **cobalt-60** subsistent. La résolution restreinte du système aéroradiométrique **(NaI)** ainsi que l'influence du rayonnement direct et des inhomogénéités topographiques **limitent** les performances de ce système pour la mise en évidence des contributions artificielles actuelles, ce d'autant plus que les contaminations sont faibles.

- Les mesures in situ effectuées en collaboration avec le groupe de radioprotection du **CERN** (Ref.[5]) n'ont signalé aucune influence de **l'accélérateur LEP,** au niveau des émetteurs gamma dans son voisinage.

- Enfin, la mesure in situ sur un pré attenant à l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de **Lucens** n'a mis en évidence aucune contribution artificielle, autre que celles de Tchernobyl et des essais nucléaires passés.

4.6 Interprétation et conclusions

La surveillance de la radioactivité exercée en 1989/1990 dans le voisinage des installations nucléaires suisses n'a mis en évidence **aucune incidence significative** du point de vue de la radioprotection du fait de leurs rejets. Le cobalt-60 et le zinc-65 décelés dans les **sédiments** et les **plantes aquatiques** montrent que ces échantillons constituent d'excellents **indicateurs.** Au niveau de la radioactivité artificielle, les autres mesures auprès des centrales nucléaires n'ont signalé, outre les contributions de **Tchernobyl** et des **essais nucléaires passés,** qu'une incidence locale auprès de la **CNM,** encore attribuable aux rejets survenus en septembre 1986. Les doses ambiantes en plein air dues aux différentes contaminations continuent de décroître et n'excèdent pas **0.1 mSv/an** dans les sites du voisinage des installations nucléaires examinés en 89/90. En réalité, la dose individuelle externe provenant de ces contaminations est encore bien moindre, si l'on admet une durée de séjour en plein air de 6 heures par jour et un facteur 10 d'atténuation de leur part à l'intérieur des habitations pour le reste de la journée. Les doses ambiantes naturelles correspondantes, qui se maintiennent indéfiniment, **prédominent** en plein air **(0.5 à 0.9 mSv/an)** et à fortiori à l'intérieur des maisons. L'ensemble des mesures (y compris des rejets) effectuées dans le cadre de la surveillance des centrales nucléaires permet d'affirmer que les personnes de leur voisinage sont soumises à une irradiation additionnelle externe et interne **bien inférieure** à la valeur limite de **0.2 mSv/an.** L'estimation de cette irradiation supplémentaire se base sur des hypothèses de calcul **pessimistes** (Ref. [1]) et devrait avoisiner 0.03 mSv/an.

Nos remerciements cordiaux s'adressent à J. Schuler et W. Baur (DSN) pour leur précieuse collaboration au niveau des mesures ainsi qu'à Mme M. Gobet et A. Gurtner (SUER) pour leur participation active à la mise en page (rédaction, tableaux et figures) de ce rapport. Nous aimerions également remercier toutes les personnes qui ont favorisé le bon déroulement de nos mesures.

REFERENCES

[1] Rapports internes de la DSN.

[2] Rapports annuels de la surveillance du voisinage de la CN Leibstadt à l'intention de la DSK. (Deutsch Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen.)

[3] Murith Ch., Völkle H. and Huber O. "Radioactivity measurements in the vicinity of swiss nuclear power plants". Nucl. Instr. & Meth. A 243, p 549-560; 1986.

[4] Schwarz G.F., Klingelé E., Rybach L. "Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen". Rapport ETHZ 1990 à l'intention de la DSN.

[5] Gerngross E. Gamma Spectrometry of Soil in the LEP Environment; CERN Int. Rep., TIS-RP/IR/90-20.

Tableau 4a: Vue d'ensemble des rejets de substances radioactives dans l'environnement en 1989

Installation	Milieu	Nature des rejets	Valeurs limites (selon règlement) Bq/an	Rejets effectifs (précision ± 50%) Bq/an	Doses équivalentes effectives Adultes Sv/an	Enfants Sv/an
KKB I+ KKB II	Eaux usées (57'200 m^3)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	4.1E+09	4,8E-08	1,2E-08
		Tritium	7,4E+13	1.0E+13	5,6E-09	7,4E-09
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	1,1E+15	4.4E+13	1,0E-06	1,0E-06
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	5,6E+09	6,5E+05	5,4E-09	5,2E-09
		Iode-131	3,7E+09	6,0E+08	7,2E-08	9,6E-07
KKM	Eaux usées (8'641 m^3)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	4,6E+09	7,2E-07	8,5E-08
		Tritium	1,9E+13	5,4E+11	1,4E-09	1,8E-09
	Air vicié	Gaz rares (équiv.Xe-133)	1,1E+16	1,2E+14	2,3E-07	2,3E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	1,9E+10	7,8E+07	2,1E-05	2,0E-05
		Iode-131	1,9E+10	4,6E+08	6,5E-09	8,8E-08
KKG	Eaux usées (8'352 m^3)	Mélange de nucléides (sans tritium)	1,9E+11	9,6E+06	3,5E-11	1,0E-10
		Tritium	7,4E+13	1,2E+13	1,3E-08	1,7E-08
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	1,1E+15	1,2E+13	2,2E-08	2,2E-08
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	9,3E+09	1,4E+06	3,7E-09	4,3E-09
		Iode-131	7,4E+09	2,9E+07	8,3E-10	1,1E-08
KKL	Eaux usées (21'306 m^3)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	4,8E+08	1,1E-09	3,9E-10
		Tritium	1,9E+13	4,4E+11	1,4E-10	1,8E-10
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	2,2E+15	6,3E+13	3,1E-07	3,1E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	1,9E+10	5,6E+07	6,4E-09	8,7E-09
		Iode-131	1,9E+10	2,0E+09	4,5E-08	6,0E-07

Instal-lation	Milieu	Nature des rejets	Valeurs limites (selon règlement) Bq/an		Rejets effectifs (précision ± 50%) Bq/an		Doses équivalentes effectives Adultes Sv/an	Enfants Sv/an
IPS-Est	Eaux usées (22'400 m^3)	Mélange de nucléides (sans tritium)	1,9E+11		1,4E+09		5,7E-09	1,3E-09
		Tritium	1,9E+13		2,6E+10		1,5E-11	1,9E-11
	Air vicié		Cheminée	Autres	Cheminée	Autres		
		Gaz rares (équiv. Xe-133)	–	–	–	–	–	–
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	1,9E+10	5,6E+09	–	2,0E+08	3,2E-06	3,4E-06
		Alpha (total)	3,7E+07	7,4E+06	–	7,7E+05	6,5E-08	1,6E-07
		Iode-131 équiv.	3,7E+10	1,9E+09	4,2E+09	–	4,4E-08	4,8E-07
		Tritium (HTO)	–	–	–	2,7E+11	4,3E-08	1,3E-07
IPS-Ouest	Eaux usées (40 m^3)	Mélange de nucléides	1,9E+09 (avec tritium)		1,8E+06 (sans tritium)		7,0E-13	6,4E-13
		Tritium			5.4E+09		3,0E-12	4,0E-12
	Air vicié	Gaz et gaz rares (équiv. Ar-41)	9,3E+13		4,1E+13		2,1E-05	2,1E-05
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	–		2.5E+10		5,3E-08	9,5E-08
		Iode-131 équiv.	–		7,6E+09		3,0E-07	3,2E-06
		Tritium (HTO)	–		2,2E+11		3,5E-08	1,0E-07
LUCENS	Eaux usées (89 m^3)	Rejet de nucléides (Cs-137)	9,3E+09		9,3E+06		3,5E-09	2,8E-11
	Air vicié	négligeable						
EPFL UNI GE UNI BS								

Tableau 4b: Vue d'ensemble des rejets de substances radioactives dans l'environnement en 1990

Installation	Milieu	Nature des rejets	Valeurs limites (selon règlement) Bq/an	Rejets effectifs (précision ±50%) Bq/an	Doses équivalentes effectives Adultes Sv/an	Doses équivalentes effectives Enfants Sv/an
KKB 1 + KKB II	Eaux usées (53000 m³)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	6,2 E+09	1,7E-07	3,5E-08
		Tritium	7,4E+13	9,3E+12	5,2E-09	6,9E-09
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	1,1E+15	2,9E+13	6,5E-07	6,5E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	5,6+09	1,5E+06	1,1E-08	1,1E-08
		Iode-131	3,7E+09	2,4E+08	2,7E-08	3,6E-07
		Carbone-14	--	4,0E+10	1,1E-06	5,3E-06
KKM	Eaux usées (7165 m³)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	4,7E+09	9,1E-07	4,4E-08
		Tritium	1,9E+13	3,3E+11	8,6E-10	1,1E-09
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	1,1E+16[3]	1,1E+14	1,8E-07	1,8E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	1,9E+10	4,9E+07	1,6E-05	1,5E-05
		Iode-131	1,9E+10	1,5E+08	2,0E-09	2,7E-08
		Carbone-14	--	2,0E+11	6,8E-07	3,2E-06
KKG	Eaux usées (8772 m³)	Mélange de nucléides (sans tritium)	1,9E+11	1,1E+07	1,3E-10	9,1E-11
		Tritium	7,4E+13	1,1E+13	1,3E-08	1,7E-08
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	1,1E+15	<7,4E+12	1,4E-08	1,4E-08
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	9,3E+09	2,4E+06	4,6E-09	5,5E-09
		Iode-131	7,4E+09	4,1E+07	1,1E-09	1,4E-08
		Carbone-14	--	1,0E+11	6,8E-07	3,2E-06
KKL	Eaux usées (20707 m³)	Mélange de nucléides (sans tritium)	3,7E+11	4,9E+08	6,4E-10	3,8E-10
		Tritium	1,9E+13	9,3E+11	2,8E-10	3,7E-10
	Air vicié	Gaz rares (équiv. Xe-133)	2.2E+15	4,8E+13	2,4E-07	2,4E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	1,9E+10	3,6E+07	7,3E-09	9,1E-09
		Iode-131	1,9E+10	1,4E+09	2,9E-08	3,8E-07
		Carbone-14	--	3,3E+11	1,7E-06	8,1E-06

Instal - lation	Milieu	Nature des rejets	Valeurs limites (selon règlement) Bq/an		Rejets effectifs (précision ± 50%) Bq/an		Doses équivalentes effectives Adultes Sv/an	Enfants Sv/an
IPS Est	Eaux usées (18800 m³)	Mélange de nucléides (sans tritium)	1,9E+11		1,2E+09		6,7E-09	1,5E-09
		Tritium	1,9E+13		4,0E+10		2,3E-11	3,0E-11
	Air vicié		Cheminée	Autres	Cheminée	Autres		
		Gaz rares (équiv. Xe-133)	----	---	---	---	---	---
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours	1,9E+10	5,6E+09	---	6,6E+07	8,1E-07	1,0E-06
		Alpha (total)	3,7E+07	7,4E+06	---	2,4E+04	1,9E-07	4,8E-07
		Iode-131 équiv.	3,7E+10	1,9E+09	2,9E+09	---	2,9E-08	2,8E-07
		Tritium (HTO)	---	---	---	1,0E+12	1,6E-07	4,7E-07
IPS Ouest	Eaux usées (38 m³)	Mélange de nucléides	1,9E+09 (avec tritium)		3,0E+06 (sans tritium)		1,7E-12	1,2E-12
		Tritium			1,7E+09		9,6E-13	1,3E-12
	Air vicié	Gaz et gaz rares (équiv. Ar-41)	9,3E+13		2,2E+12		9,4E-07	9,4E-07
		Aérosols (sans iode-131, demi-vie > 8 jours)	--		1,2E+06		1,3E-09	2,0E-09
		Iode-131 équiv.	--		1,6E+09		6,9E-08	6,8E-07
		Carbone-14	--		2,4E+11		3,8E-08	1,1E-07
LUCENS	Eaux-usées (111 m³)	Rejet de nucléides Cs-137	9,3E+09		5,6E+06		2,5E-08	2,4E-10
	Air vicié	négligeable						
EPFL								
UNI BS								

Tab. 4c

AIR, PRECIPITATION, EAUX ET MILIEU AQUATIQUE DU VOISINAGE DES CENTRALES NUCLEAIRES 1989 et 1990

AIR: µBq/m³ 1)	Be-7	Cs-137	Cs-134
Domaine des valeurs mensuelles 1989	400-2700	< 1-18	< 1-3.7
Domaine des valeurs mensuelles 1990	600-4000	< 2-4.3	< 1-4.7

PRECIPITATIONS: mBq/l 2)	Be-7	Cs-137	Cs-134
Domaine des valeurs mensuelles 1990	200-2200	< 10-240	< 3-36

EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES: Bq/l (EAWAG)	H-3	Cs-137	Cs-134
Domaine des valeurs 1989/1990	< 10	< 0.2	--

MILIEU AQUATIQUE DU VOISINAGE DES CN 3) mesures SUER					
SEDIMENTS Bq/kg matière sèche	K-40	Cs-137	Cs-134	Co-60	Zn-65
Voisinage Mühleberg (4)	530-610	8-42	1-8	1-17	<2-3.4
Voisinage Gösgen (2)	430-470	11-13	2-3	0.5-0.6	< 1
Voisinage Beznau (1)	500	26	5	3	< 2
Voisinage Leibstadt (4)	470-570	30-110	5-22	2-4	< 2

PLANTES AQUATIQUES Bq/kg matière sèche	K-40	Cs-137	Cs-134	Co-60	Zn-65
Voisinage Mühleberg (1)	420	5	1	240	40
Voisinage Gösgen (1)	340	20	4	18	--
Voisinage Bezanu (1)	640	17	6	11	--

POISSONS Bq/kg filets	K-40	Cs-137	Cs-134	Co-60	Zn-65
Rhin, Leibstadt 89	100	4	1	< 0.3	--
Rhin, Leibstadt 90	140	2	0.5	< 0.4	--

1) La remise en suspension des particules radioactives par le vent n'a pas signalé en 89/90 de concentrations supérieures à 10 µBq/m³ pour le Co-60 issu des rejets survenus à la CNM en 1986

2) En 1989 les précipitations du voisinage des CN ont été mesurées hebdomadairement et groupées avec les stations du nord des Alpes

3) Les valeurs reportées pour les sédiments et les plantes aquatiques concernent 1989. Un complément d'information sur le milieu aquatique fait l'objet de 3.4 (Mesures EAWAG)

SOL ET HERBE DU VOISINAGE DES CENTRALES NUCLEAIRES

Wertebereich der Aktivitäten von Erdboden (0-5cm), 1989 und 1990 in Bq/kg Trockensubstanz (T.S.)

Domaine des valeurs des activités du sol (0-5 cm), 1989 et 1990 en Bq/kg matière sèche (M.S.)

Entnahmestelle (Anzahl Proben) Lieu de prélèvement (Nombre d'échantillons)	Kalium-40 (natürlich) Potassium-40 (naturel)	Radium-226 Uran-Reihe Radium-226 Série uranium	Actinium-228 Thorium-Reihe Actinium-228 Série thorium	Caesium-137 Césium-137	Caesium-134 Césium-134	Strontium-90 Strontium-90 (EPFL)
(Bq/kg TS - MS), 1989						
Umg. KKW Mühleberg (3) Vois. CN Mühleberg (3)	740-870	< 50	30-40	14-55	0.9-15	3.1
Umg. KKW Gösgen (4) Vois. CN Gösgen (4)	410-530	29-91	27-41	58-79	7.7-12	4.2
Umg. KKW Leibstadt (4) Vois. CN Leibstadt (4)	370-520	33-55	22-32	71-106	11-12	3.4
Umg. KKW Beznau/PSI (2) Vois. CN Beznau/PSI (2)	460-470	30-40	28-30	84-125	15-18	3.2-4.0
(Bq/kg TS - MS), 1990						
Umg. KKW Mühleberg (3) Vois. CN Mühleberg (3)	650-900	40-45	26-31	34-51	4-9	3.4
Umg. KKW Gösgen (4) Vois. CN Gösgen (4)	350-510	30-60	25-30	40-64	4-6	3.6
Umg. KKW Leibstadt (4) Vois. CN Leibstadt (4)	390-460	34-47	25-28	45-74	4-7	3.7
Umg. KKW Beznau PSI (2) Vois. CN Beznau PSI (2)	440-450	35-40	27-28	82-128	11-15	2.4-3.8

Wertebereich der Aktivitäten von Gras, 1989/1990 in Bq/kg Trockensubstanz (T.S.)

Domaine des valeurs des activités de l'herbe, 1989/1990 en Bq/kg matière sèche (M.S.)

Entnahmestelle (Anzahl Proben) Lieu de prélèvement (Nombre d'échantillons)	Kalium-40 natürlich Potassium-40 naturel	Caesium-137 Césium-137	Caesium-134 Césium-134	Strontium-90 Strontium-90 (EPFL)
(Bq/kg TS - MS), 1989				
Umg. KKW Mühleberg (6) Vois. CN Mühleberg (6)	450-1230	1-21	< 9	4.1-5.8
Umg. KKW Gösgen (8) Vois. CN Gösgen (8)	470-1100	1-33	< 5	3.7-5.2
Umg. KKW Leibstadt (4) Vois. CN Leibstadt (4)	400-1100	1-23	< 4	4.5-5.9
Umg. KKW Beznau/PSI (4) Vois. CN Beznau/PSI (4)	450-1300	1-18	< 5	2.4-5.9
(Bq/kg TS - MS), 1990				
Umg. KKW Mühleberg (6) Vois. CN Mühleberg (6)	430-1290	3-21	< 7	3.9-5.5
Umg. KKW Gösgen (8) Vois. CN Gösgen (8)	370-1120	2-33	< 5	4.2-5.7
Umg. KKW Leibstadt (4) Vois. CN Leibstadt (4)	730	2	< 1	3.5
Umg. KKW Beznau PSI (4) Vois. CN Beznau PSI (4)	540-710	3-4	< 1	2.4-6.9

Tab. 4e

LAIT ET FROMENT DU VOISINAGE DES CENTRALES NUCLEAIRES

Wertebereich der Aktivitäten von Milch, 1989/1990
wenn nicht anders vermerkt: Kuhmilch

Domaine des valeurs des activités du lait, 1989/1990
sans remarque: lait de vache

Entnahmestelle (Anzahl Proben) Lieu de prélèvement (Nombre d'échantillons)		Kalium-40 (natürlich) Potassium-40 (naturel)	Caesium-137 Césium-137	Caesium-134 Césium-134	Strontium-90 Strontium-90 (EPFL)
(Bq/l), 1989					
Umg. KKW **Mühleberg** Vois. CN Mühleberg	(1)	*)	< 0.5	< 0.5	0.1
Umg. KKW **Gösgen** Vois. CN Gösgen	(1)	46	< 0.6	< 0.3	0.1
Umg. KKW **Leibstadt** Vois. CN Leibstadt	(3)	48	< 0.6	< 0.3	0.11-0.13
Umg. KKW **Beznau/PSI** Vois. CN Beznau/PSI	(1)	50	< 0.9	< 0.6	0.08
(Bq/l), 1990					
Umg. KKW **Mühleberg** Vois. CN Mühleberg	(1)	*)	< 0.5	< 0.5	0.1
Umg. KKW **Gösgen** Vois. CN Gösgen	(1)	45	< 0,6	< 0,1	0.1
Umg. KKW **Leibstadt** Vois. CN Leibstadt	(2)	46-47	< 0,6	< 0,1	0.08-0.10
Umg. KKW **Beznau/PSI** Vois. CN Beznau/PSI	(2)	47	< 0,6	< 0,1	0.08

*) Données du lab. cant. de Berne (KLBE): seulement pour la contribution artificielle

Wertebereich der Aktivitäten von Getreide, 1989/1990
in Bq/kg Trockensubstanz

Domaine des valeurs des activités des céréales, 1989/1990
en Bq/kg matière sèche

Entnahmestelle (Anzahl Proben) Lieu de prélèvement (Nombre d'échantillons)		Kalium-40 (natürlich) Potassium-40 (naturel)	Caesium-137 Césium-137	Caesium-134 Césium-134	Strontium-90 Strontium-90 (EPFL)
(Bq/kg - TS - MS), 1989					
Umg. KKW Mühleberg Vois. CN Mühleberg	(1)	130	< 1	< 0.5	0.57
Umg. KKW Gösgen Vois. CN Gösgen	(1)	140	< 2	< 0.5	0.53
Umg. KKW Leibstadt Vois. CN Leibstadt	(2)	140	< 3	< 1.4	0.54
Umg. KKW Beznau/PSI Vois. CN Beznau/PSI	(1)	140	< 1	< 0.5	0.43
Gemeins. Gebiet KKL/KKB Rayon commun CNL/CNB	(1)	140	< 2	< 0.5	0.57
(Bq/kg - TS - MS), 1990					
Umg. KKW Mühleberg Vois. CN Mühleberg	(1)	130	< 2	< 0.5	0.55
Umg. KKW Gösgen Vois. CN Gösgen	(1)	140	< 2	< 0.5	0.51
Umg. KKW Leibstadt Vois. CN Leibstadt	(2)	130-140	< 2	< 0.5	0.41
Umg. KKW Beznau/PSI Vois. CN Beznau/PSI	(1)	130	< 1	< 0.5	0.48
Gemeins. Gebiet KKL/KKB Rayon commun CNL/CNB	(1)	140	< 2	< 0.5	0.31

Fig. 4.a : Rejets liquides des centrales nucléaires: eaux résiduaires (sans le tritium) en Bq/an

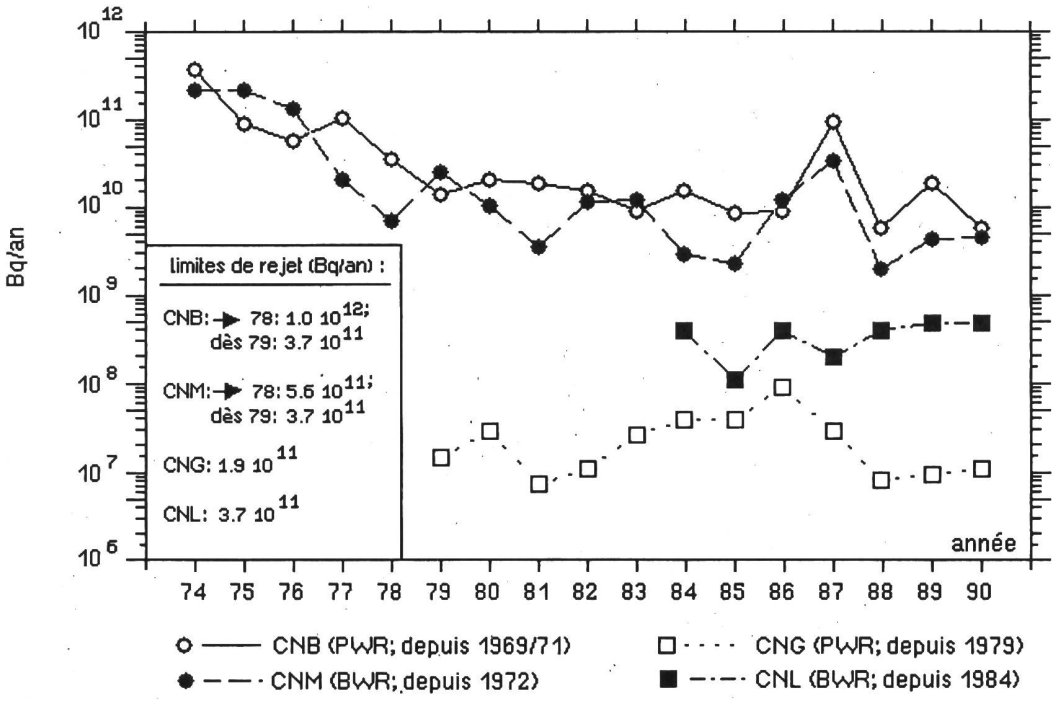


Fig. 4.b : Rejets liquides des centrales nucléaires: eaux résiduaires : Tritium en Bq/l

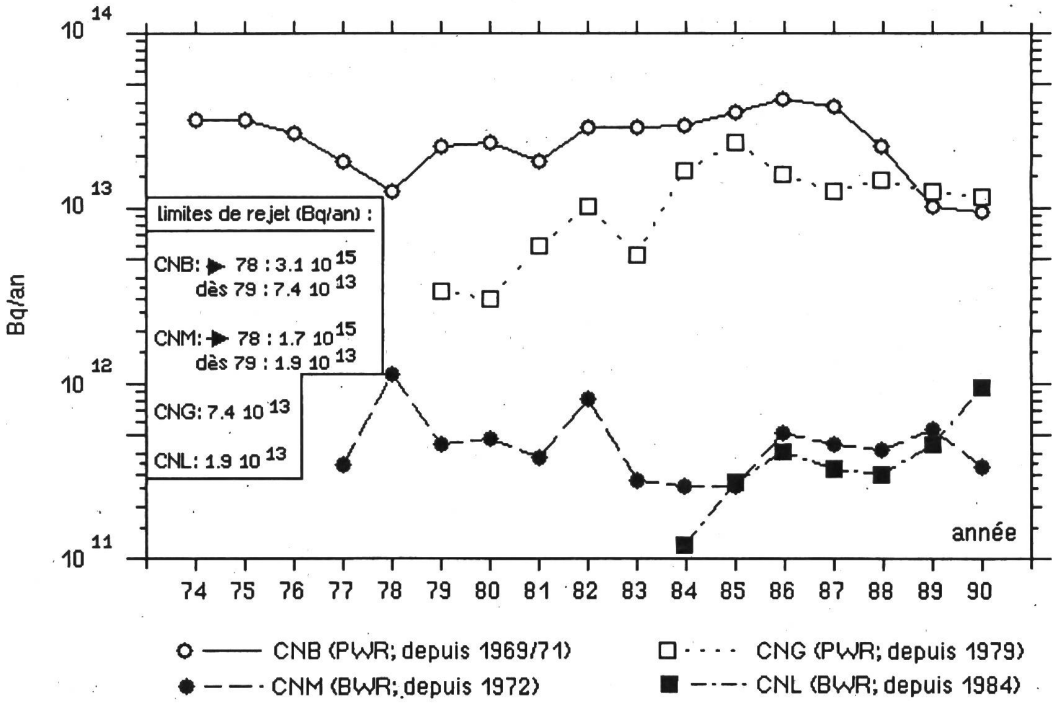


Fig. 4.c : Rejets gazeux des centrales nucléaires : gaz d'échappement : Gaz rares en Bq/an (équivalent Xe-133)

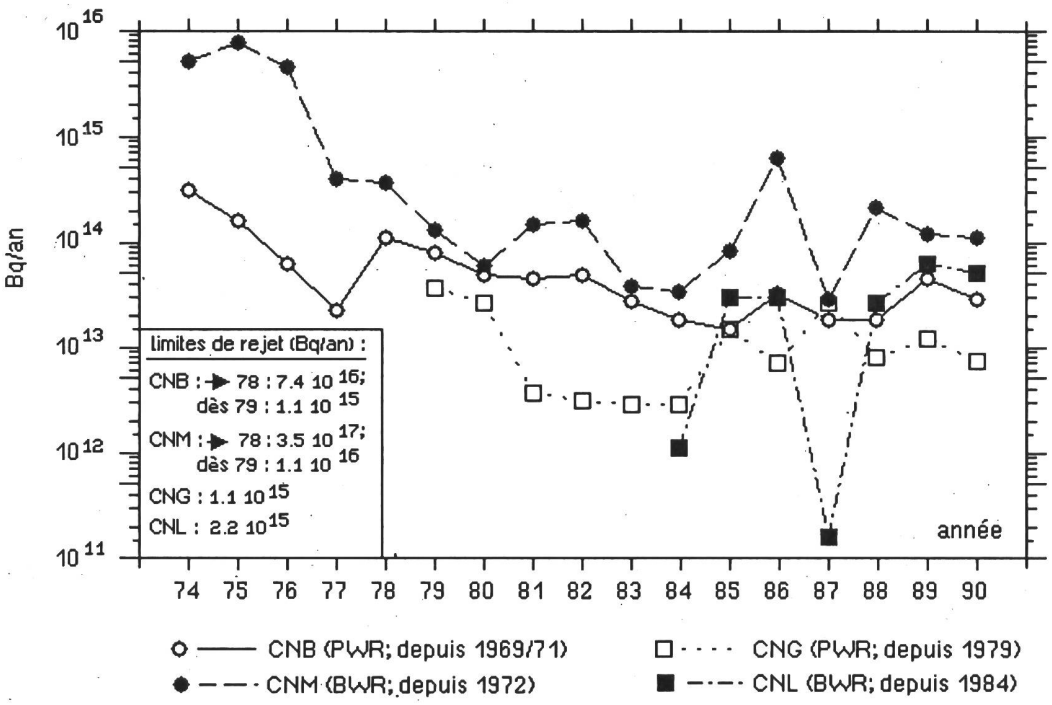


Fig. 4.d : Rejets gazeux des centrales nucléaires aérosols ($T_{1/2}$ >8 j; sans iode gazeux) en Bq/an

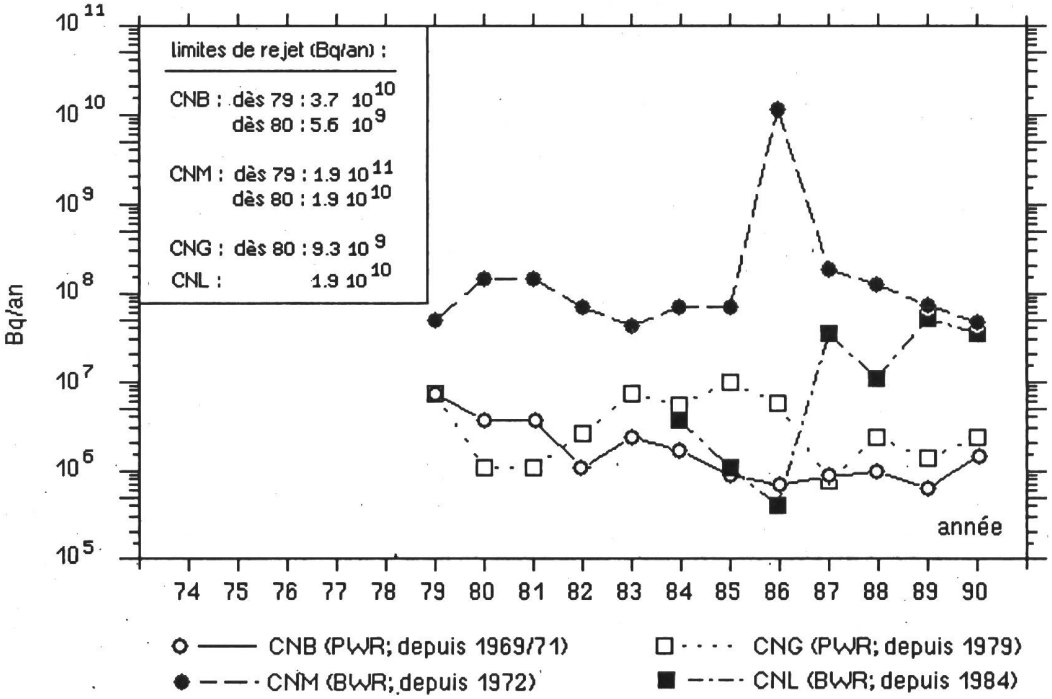


Fig. 4.e : Rejets gazeux des centrales nucléaires: iode élémentaire en Bq/an

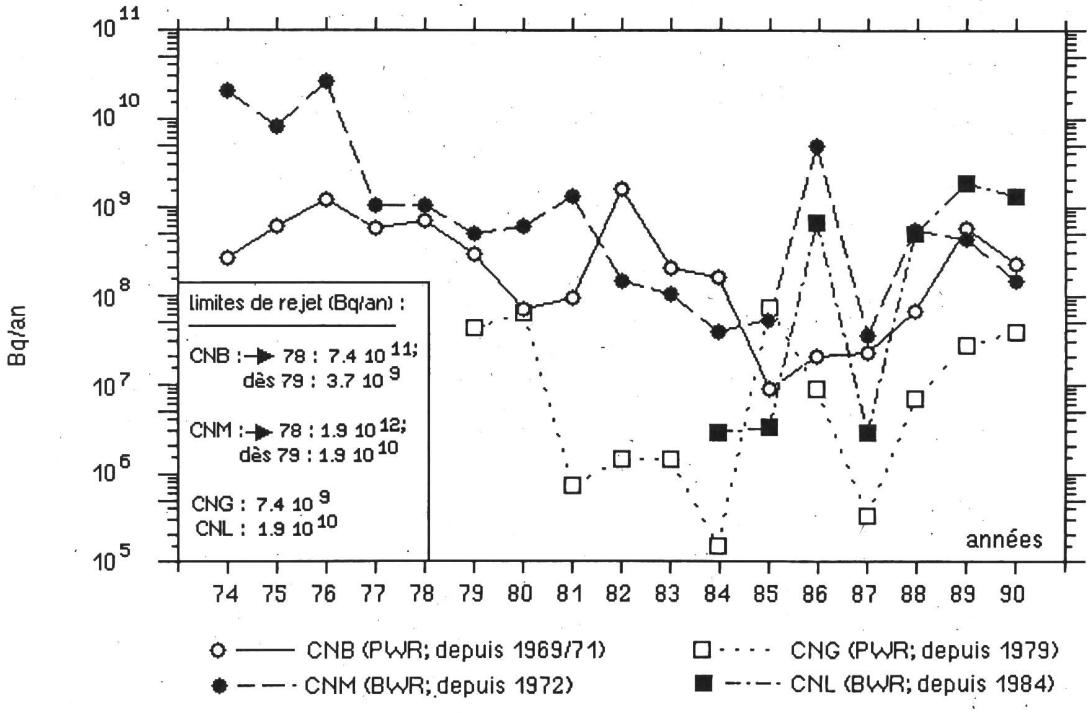


Fig. 4.f : Doses annuelles maximales aux personnes dans le voisinage des CN avec la contribution du carbone-14 dès 1990 (1 - 8 µSv/an)

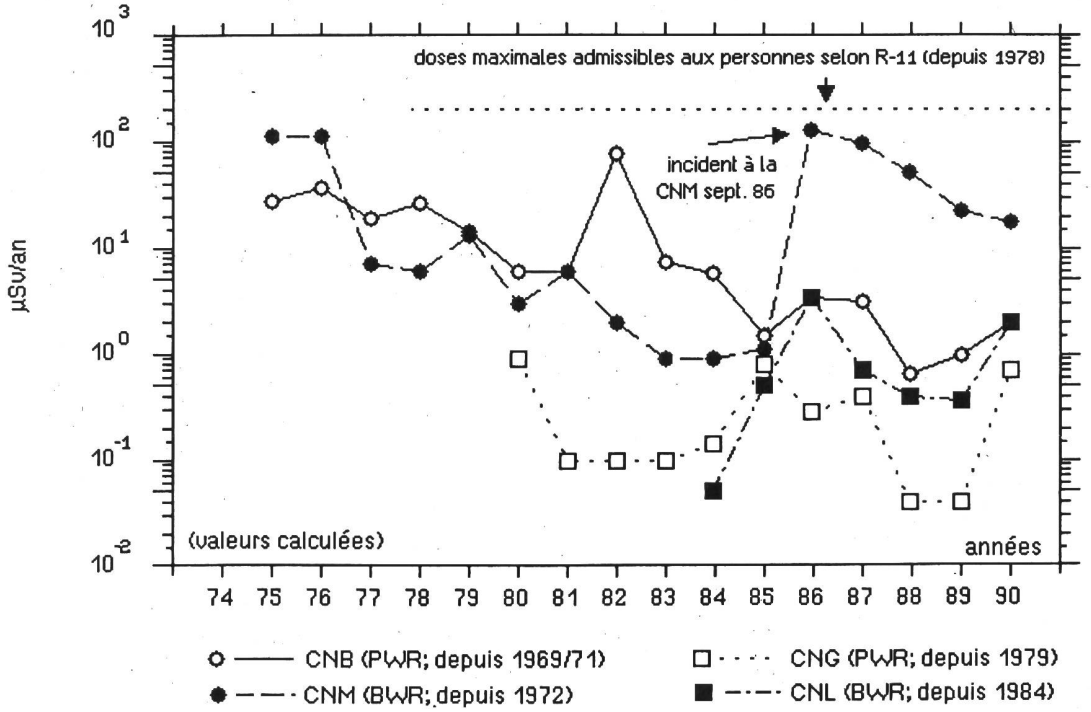
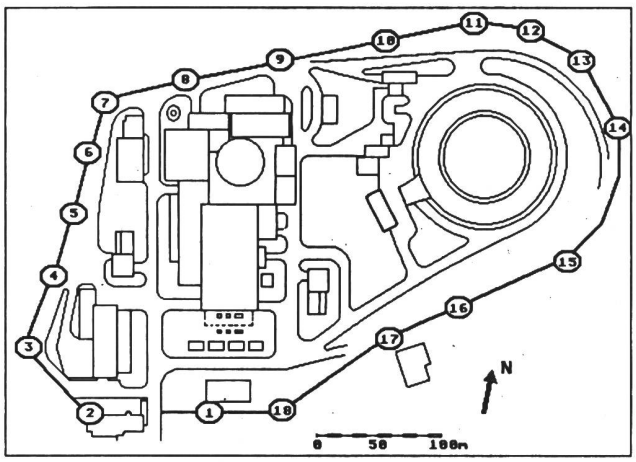


Fig. 4.g. : Mesure du rayonnement direct le long de la clôture de la centrale nucléaire de Leibstadt en 1990 (TLD)



Mesure nr.	mSv/an	Mesure nr.	mSv/an	Mesure nr.	mSv/an
z 1	1.91	z 7	1.20	z 13	0.73
z 2	1.43	z 8	1.18	z 14	0.75
z 3	1.37	z 9	1.24	z 15	1.24
z 4	1.74	z 10	1.15	z 16	1.98
z 5	1.88	z 11	0.93	z 17	2.85
z 6	1.63	z 12	0.83	z 18	2.01

Fig. 4.h : Débit d'exposition externe mesuré à l'aide d'une chambre à ionisation à Ufem Horn (Voisinage CNM)

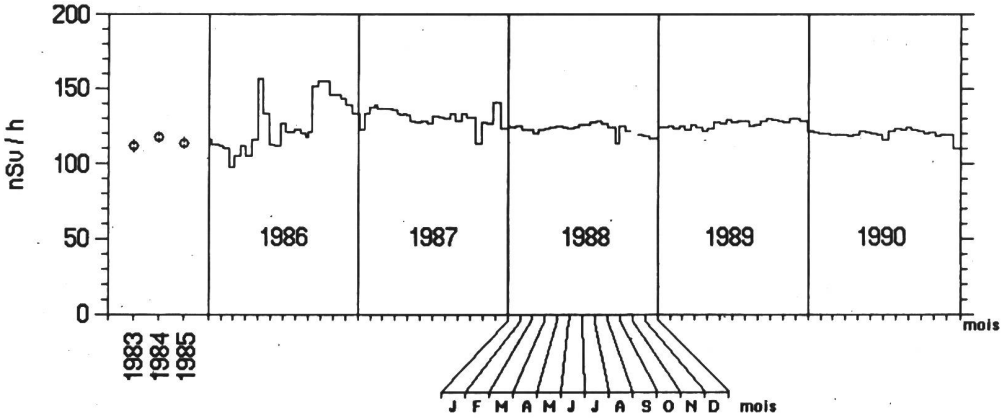


Fig. 4.i : Campagnes de mesures du débit de dose instantané dans le voisinage des centrales nucléaires suisses avec chambre d'ionisation Reuter & Stokes.

(Nous avons admis la correspondance : 1 µR/h = 10 nSv/h)

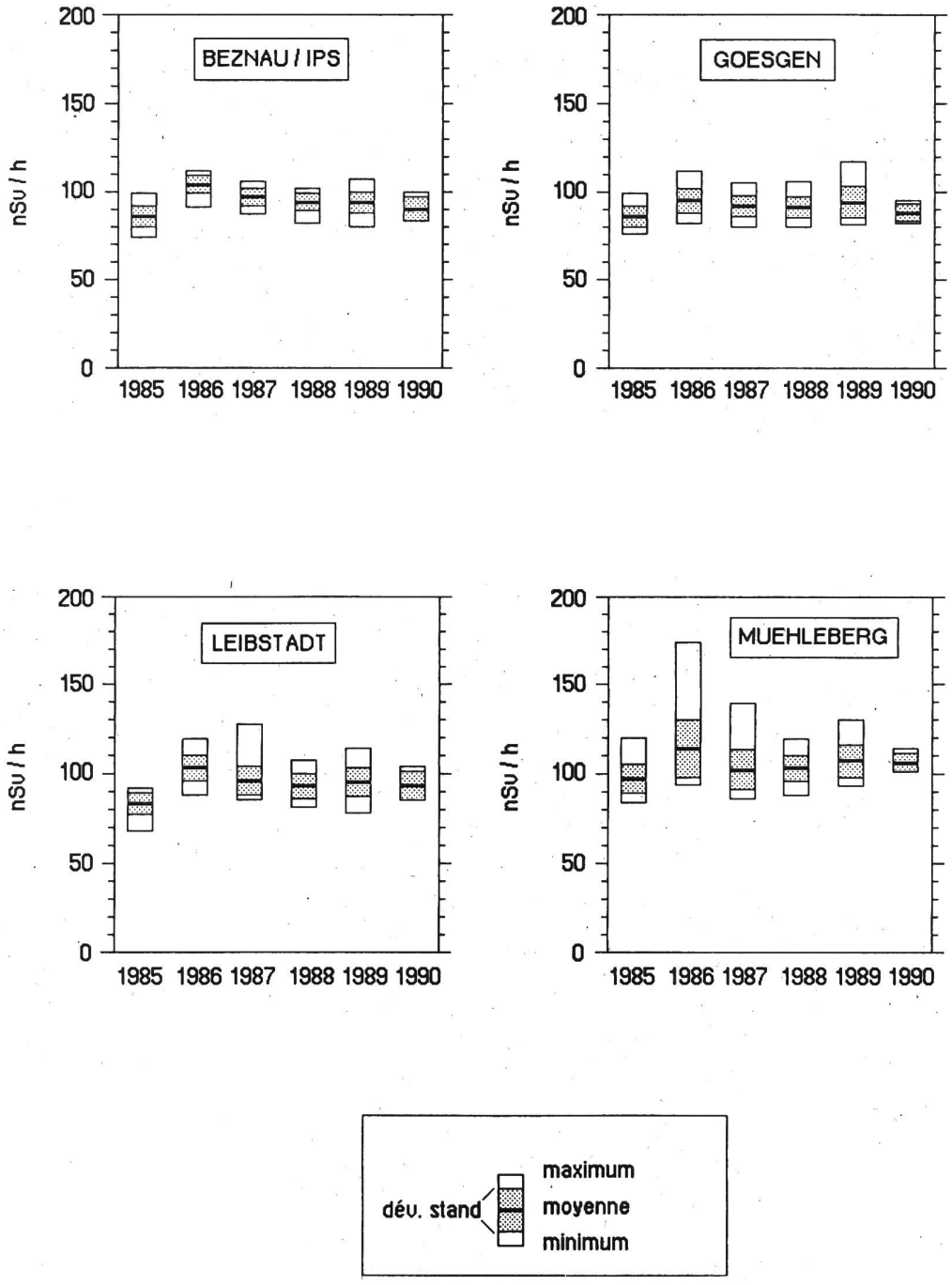
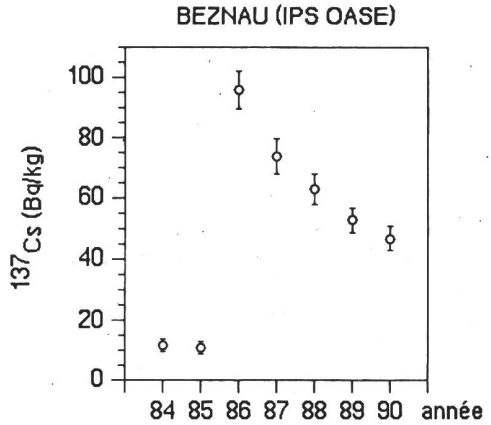
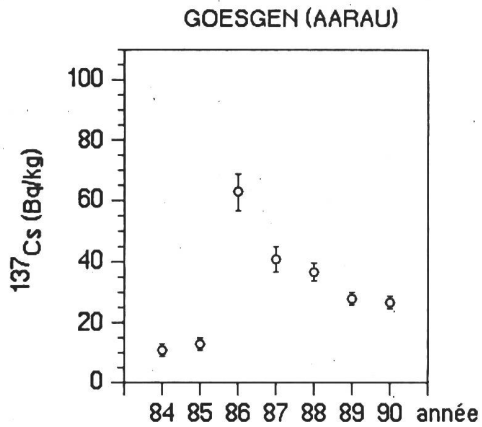


Fig. 4.j. : Suivi des concentrations du césium-137 dans des sites de référence du voisinage des centrales nucléaires suisses.

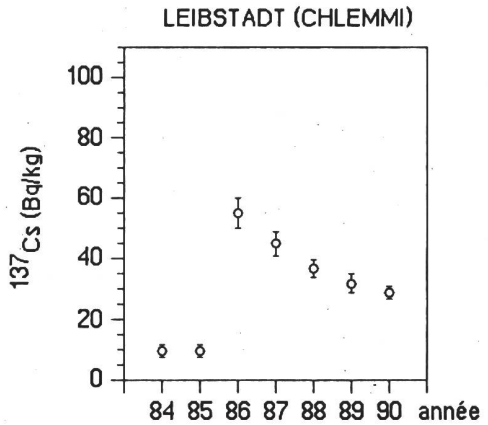
(les concentrations naturelles indiquées représentent les moyennes des activités de 1984 à 1990)



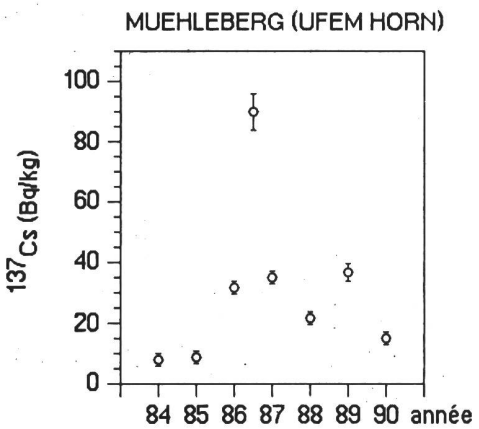
Nucléides naturels Bq/kg	
^{226}Ra	35 ± 4
^{228}Ac	21 ± 4
^{40}K	270 ± 25



Nucléides naturels Bq/kg	
^{226}Ra	25 ± 3
^{228}Ac	16 ± 2
^{40}K	250 ± 20



Nucléides naturels Bq/kg	
^{226}Ra	37 ± 3
^{228}Ac	22 ± 3
^{40}K	300 ± 30



Nucléides naturels Bq/kg	
^{226}Ra	32 ± 4
^{228}Ac	24 ± 3
^{40}K	545 ± 40

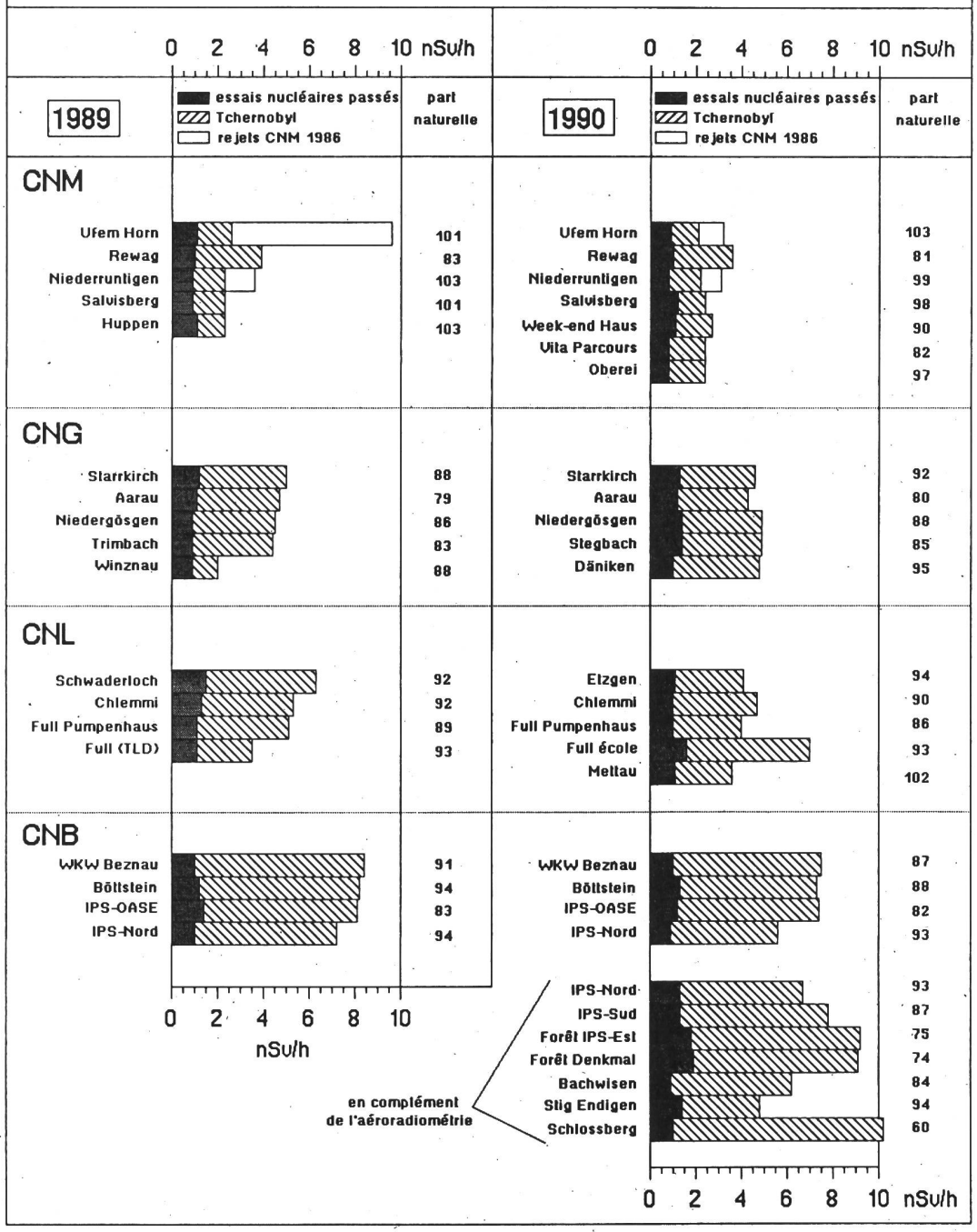



Fig. 4.k : Contributions des contaminations à l'exposition externe dans le voisinage des centrales nucléaires en 1989 / 90