

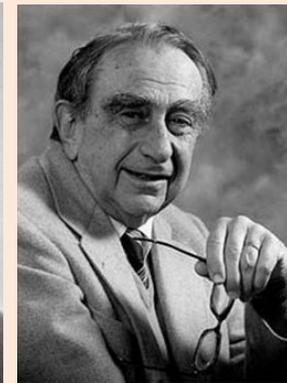
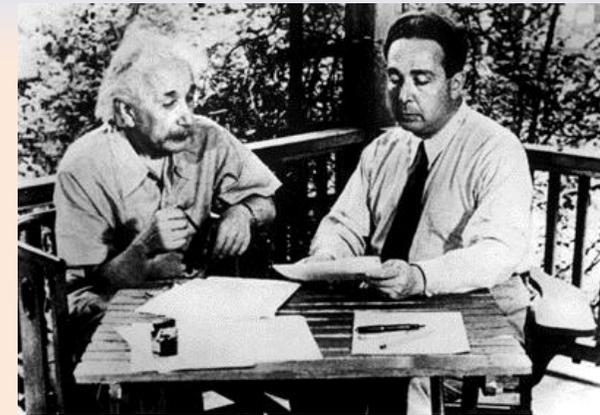
Présentation ARRAD du 27.11.2015 à Lausanne

Les débuts de la surveillance de la radioactivité en Suisse

**Hansruedi Völkle
Université de Fribourg**

La fission nucléaire et la bombe atomique

- > 17.12.1938: **Fission nucléaire** : O. HAHN, F. STRASSMANN & Mme L. MEITNER à Berlin
- > 2.8.1939: **Lettre de A. EINSTEIN & L. SZILLARD** au président FRANKLIN D. ROOSEVELT
- > 28.6.1941: « **Manhattan Project** » : 1942-'46: Général L. GROVES & R. J. OPPENHEIMER
 Coûts $\approx 2 \times 10^9$ US\$ (en 2015 $\approx 26 \times 10^9$ US\$) ; $\approx 130'000$ coll. dont 21 prix Nobel
- > 16.7.1945 **Premier test américain à Alamogordo, Nouvelle Mexique, E.U.**
- > Bombe «Trinity» type implosion au ^{239}Pu
- > Par décision du président Harry S. Truman:
 - > **Hiroshima** 6.8.45 ^{235}U 13kt; **Nagasaki** 9.8.1945 ^{239}Pu 17kt
 - > **Bombe «A» US**: R. OPPENHEIMER 1904–1967
 Russie: I. KOURTCHATOV 1903–1960
 - > **Bombe «H» US**: ED. TELLER 1908–2003
 Russie: A. D. SAKHAROV 1921–1989



<i>Pays nucléaires</i>	<i>Bombe «A»</i>	<i>Bombe «H»</i>	<i>Nombre de bombes</i>
USA	16.07.1945	1.11.1952	$\approx 1'950$
Russie	29.08.1949	12.08.1953	$\approx 1'740$
Grande Bretagne	3.10.1952	15.05.1957	≈ 160
France	3.02.1960	24.08.1968	≈ 290
Chine	16.10.1964	14.06.1967	<i>quelques centaines (?)</i>
Inde	18.05.1974	?	$\approx 20 - 30$
Pakistan	28.05.1998	?	$\approx 24 - 48$
Israël	?	?	?
Afrique du Sud	?	?	6 ; 0 (dès 1994)
Corée du Nord	9.10.2006	?	?

Source: <http://de.wikipedia.org/wiki/Atommacht>

Lettre de Albert Einstein (+ Leo Szillard) au président Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

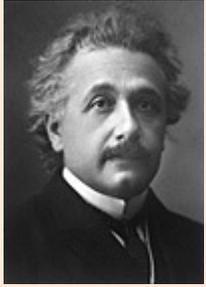
b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,

A. Einstein
(Albert Einstein)

Nobel Prize – Winner at the Manhattan - Project



Albert Einstein 1879 - 1955



Niels H. Bohr 1885 - 1962



Arthur H. Compton 1892 - 1962



James Chadwick 1891 - 1974



Enrico Fermi 1901 - 1954



Ernest O. Lawrence 1901 - 1958



Isidore I. Rabi 1898 - 1988



Emilio G. Segrè 1905 - 1989



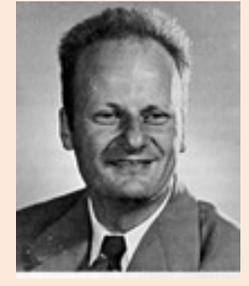
Owen Chamberlain 1920 - 2006



Richard P. Feynman 1918 - 1988



Julian Schwinger 1918 - 1994



Hans A. Bethe 1906 - 2005



Luis W. Alvarez 1911 - 1988



Aage Niels Bohr 1922 - 2009



Leo J. Rainwater 1917 - 1986)



Eugene Paul Wigner 1902 - 1995



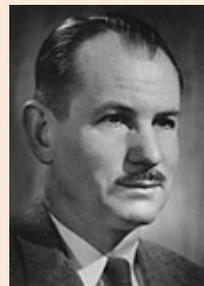
James Franck 1882 - 1964



Harold Clayton Urey 1893 - 1981



Glenn Theodore Seaborg 1912 - 1999



Edwin Mattison McMillan 1907 - 1991

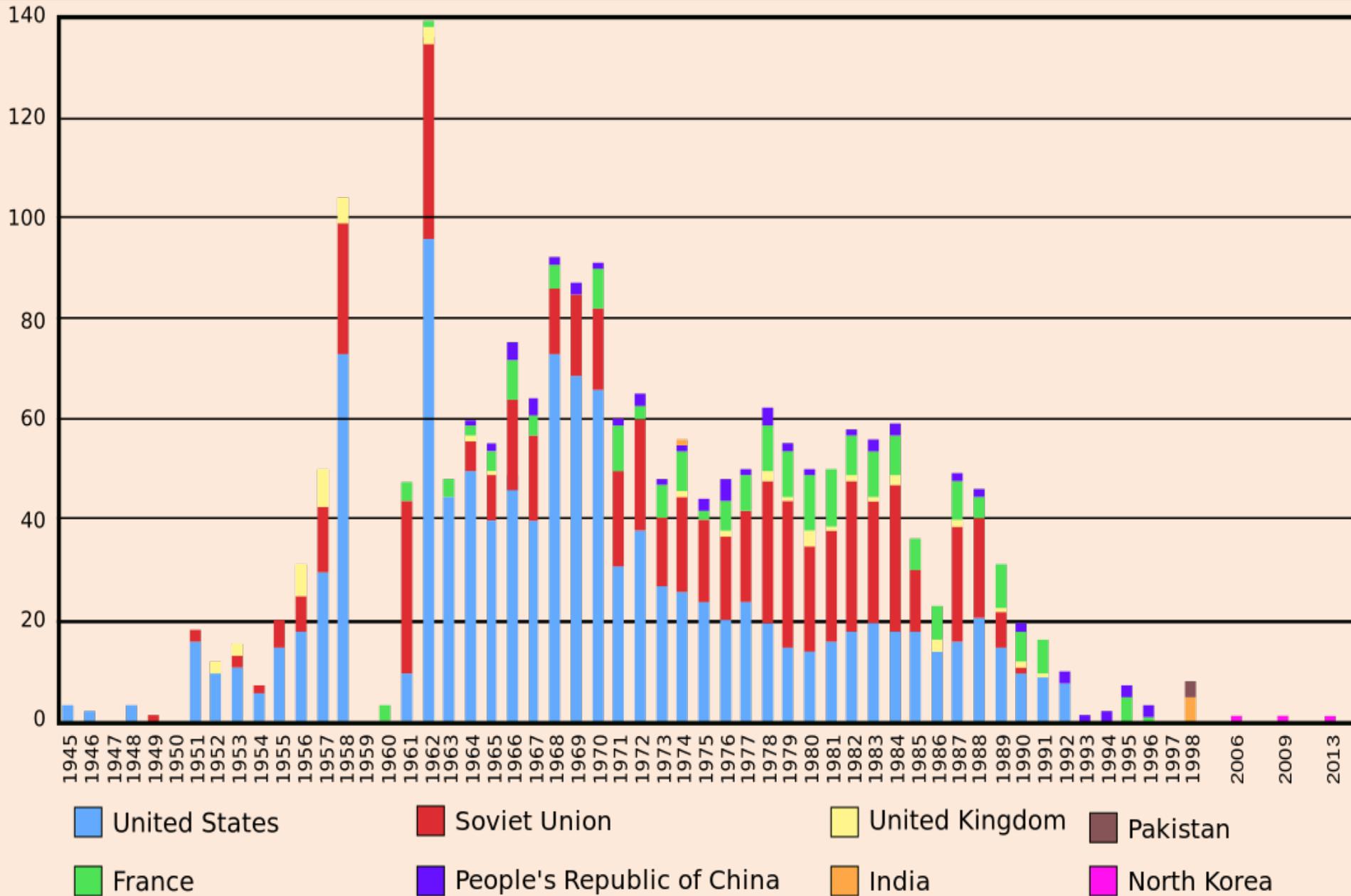


Norman Ramsey 1915 - 2011

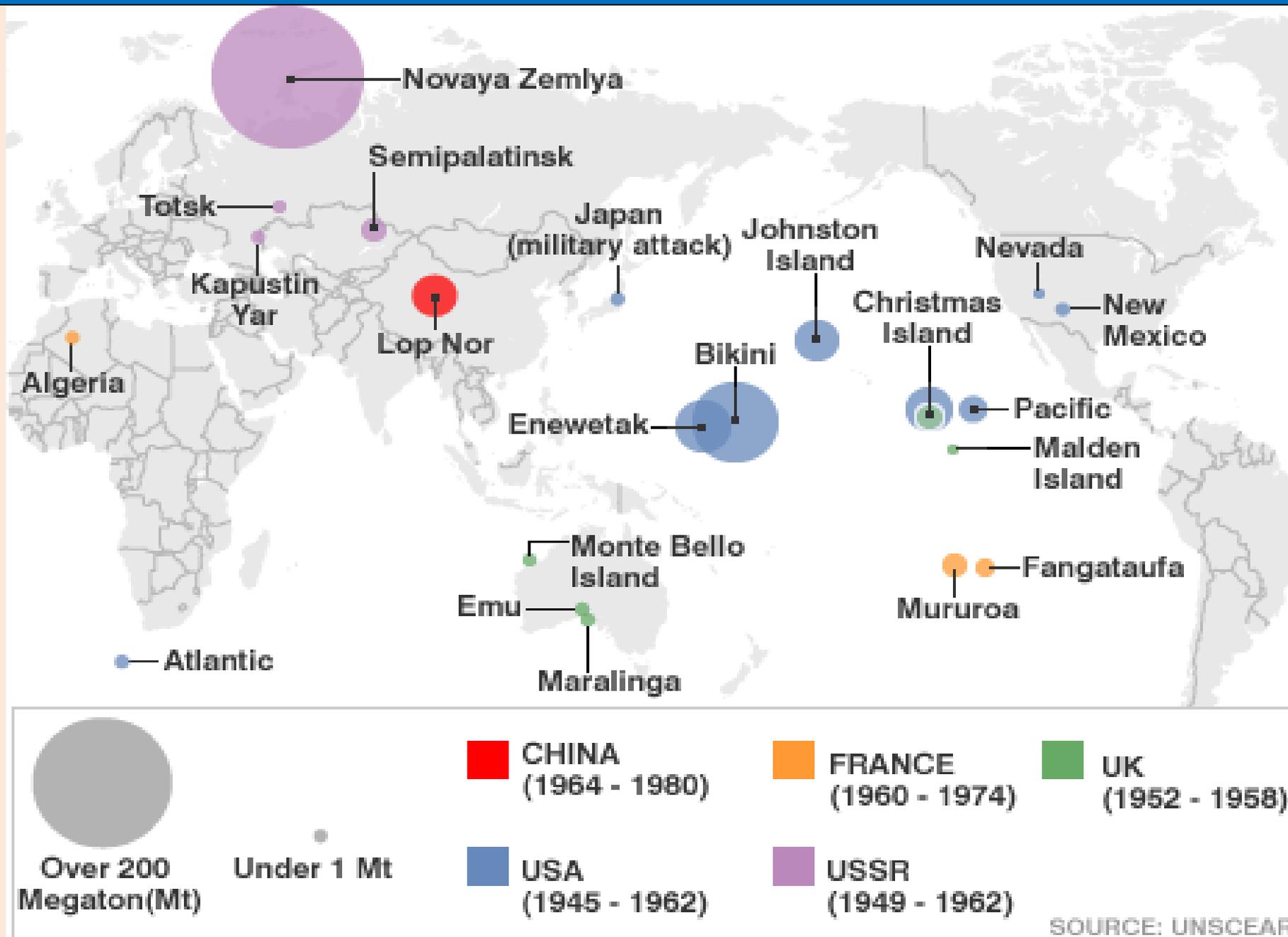
Les sites de recherche du Manhattan-Project aux E.U.



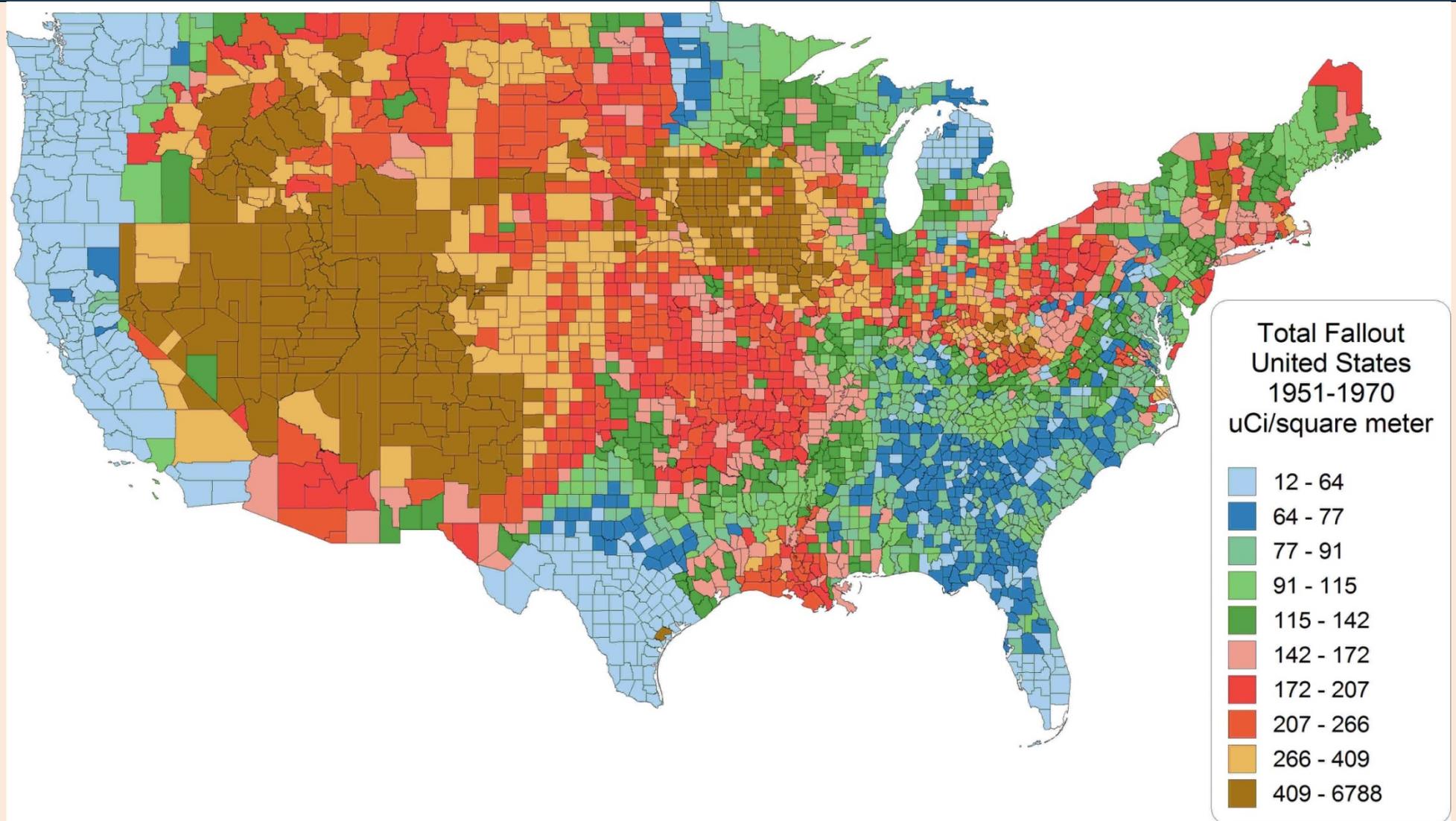
Les tests nucléaires entre 1945 et 2013



Les sites des tests nucléaires entre 1945 et 2013

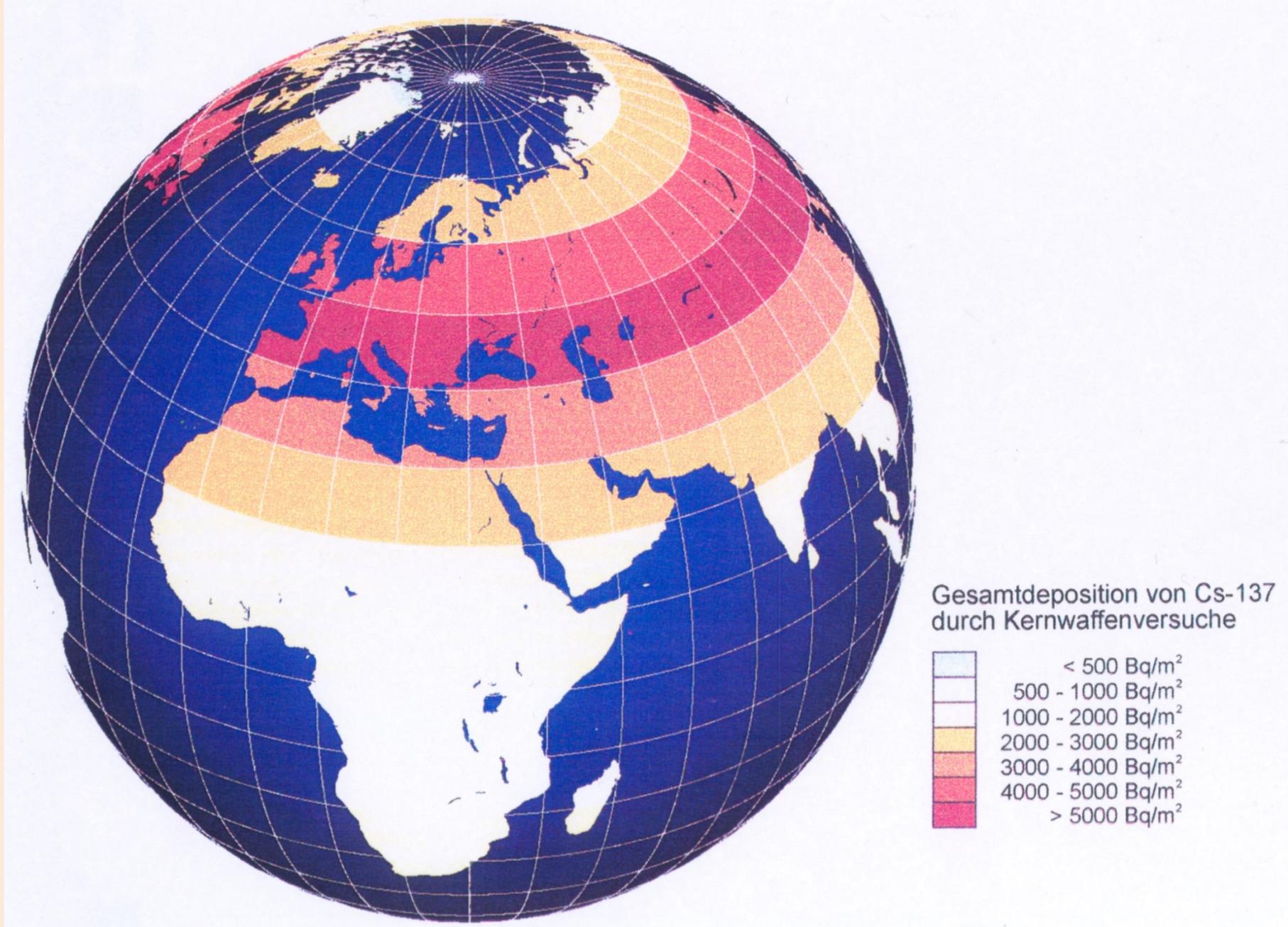


Retombées radioactives sur les E.U. en $\mu\text{Ci}/\text{m}^2$ ($\approx 37 \text{ kBq}/\text{m}^2$)



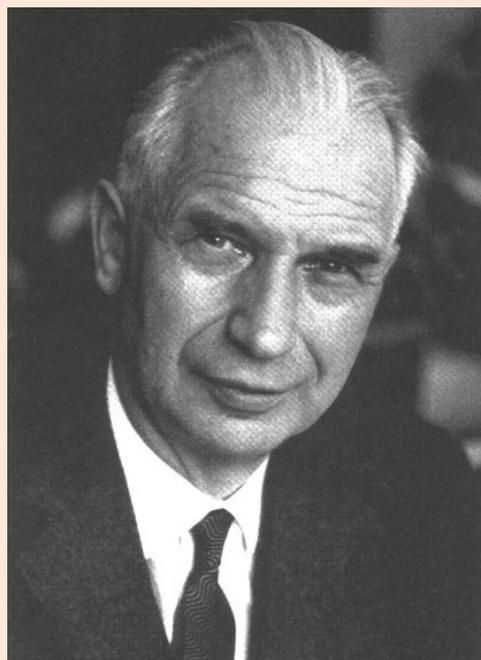
$1 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 = 37 \text{ kBq}/\text{m}^2$ (Σ de toutes les radionucléides !)

Déposition de ^{137}Cs en Bq/m^2 après les tests nucléaires (dans «notre» latitude $\approx 5000 \text{ Bq}/\text{m}^2$!)



Comment arrêter cela ? ... et le commencement de la surveillance en Suisse

- **PTBT '63** ⇒ Arrêt des tests dans l'atmosphère
- **TTBT '74** ⇒ Limitation du calibre à <150 kt
- **CTBT '96** ⇒ «*Comprehensive Test Stop Treaty*»; toujours pas encore en vigueur; manque la signature des E.U.
- Surveillance par le **CTBTO** ⇒ Séismique, Hydroacoustique, Infrason, Radionucléides ⇒ centrale à Vienne
- 16.11.1956 ⇒ **Nomination da la KUER/CFRSR** par le Conseil fédéral ⇒ Prés.: PAUL HUBER, OTTO HUBER, HEINZ H. LOOSLI
- Tâche ⇒ Surveiller la radioactivité et rapporter régulièrement au Conseil fédéral
- 1957 ⇒ **Début de la surveillance**
- 17.8.1957 ⇒ **premier rapport** au Conseil fédéral
- 1957 ⇒ Installation du **Laboratoire de Fribourg** (au Département de physique de l'Université)
- Collaboration avec de nombreuses institutions Fédérales, Cantonales, des Universités, les EPF, PSI, CERN, ...
- Jusqu'en 1988 KUER/CFRSR a publié 30 rapport annuels ; dès 1989 responsabilité de l'OFSP
- 1.1.2001 **Fusion de commission KUER / CFRSR + EKS / CFR** ⇒ **KSR / CPR**



Radioaktive Asche auf Walliser Gletscher

*Ueberraschende Entdeckung mit dem Geiger-Zähler
Geologen fanden atmosphärischen Staub statt Uran*

ep. Lausanne, 4. November. (Privattel.)

Im Verlauf der umfangreichen Stollenarbeiten für die Kraftwerkanlagen der Grande Dixence S. A. stiess man hin und wieder auf Spuren von Uran im Gestein. Auf Gesuch hin erhielt die Unternehmung von der Walliser Regierung die Konzession, im Raume zwischen dem Grossen St. Bernhard und Sitten systematische Forschungen nach diesem wertvollen Erz zu betreiben. Die Grande Dixence S. A. beauftragte hierauf ihren Geologen, Georges Welti, mit der Durchführung der Erkundung.

Im vergangenen August befand sich eine solche Suchmannschaft auf den Hängen, die das Hospiz des Grossen St. Bernhard im Osten beherrschen.

Bei einem Marschhalt wurden plötzlich die Geigerzähler lebendig und zeigten die Anwesenheit eines radioaktiven Stoffes an.

Vom Apparat geleitet, gelangten die Geologen an den unteren Rand eines Firnfeldes, wo das Schmelzwasser ausfloss. Sie fanden dort auf dem Schnee seltsame schwärzliche Asche, die jener von Zigaretten ähnlich sah. Von diesem Stoff konnten sie innert zehn Minuten eine Schachtel füllen. Die Finder waren hoch erfreut, denn schon glaubten sie, Uran entdeckt zu haben. Aber im Felsen obendran war nichts davon zu finden. In den folgenden Tagen wurden weitere Spuren der Asche gefunden, vorwiegend am Ende von Gletschern und Schneefeldern, und immer gab der Geigerzähler an.

In der Folge übergab Geologe Welti ein Muster der unbekanntes Materie an Professor Dr. Giorgio Marinelli in Pisa, der sich in Italien der Uranforschung und der Untersuchung der Radioaktivität widmet. Mit Datum vom 6. Oktober 1959 gab das Nationale Komitee für Kernforschung in Pisa, dem Marinelli angehört, der Grande Dixence SA. das Resultat seiner Untersuchung bekannt: Auf Grund des vom Spektrometer gamma aufgenommenen Spektrogramms stellte sich heraus, dass der auf den Walliser Bergen gefundene Stoff weder Uranium noch

Hingegen zeigte das Spektrum typische Merkmale des radioaktiven Staubes in der Atmosphäre und zwar handelt es sich hier um Zirkonium 95, Ruthenium 103 und Niob 95.

Die Konzentration des Staubes am unteren Ende der Gletscher und Firnfelder lässt sich so erklären, dass das Schmelzwasser die auf dem ganzen Gelände verteilten Partikel zu den tiefsten Punkten hinunterschwemmte, wo sie sedimentierten.

Ueber die Konzentration der radioaktiven Stoffe verlautet aus dem Bericht nichts. Mag sein, dass die Konzentration im ganzen Gelände für den Menschen ungefährlich ist. Immerhin ist festzuhalten, dass die Halbwertszeit, das heisst die Periode, in welcher die Hälfte der radioaktiven Substanz zerfällt, für Zirkonium 63 Tage, bei Ruthenium 41 und bei Niob 35 Tage beträgt. Dieselben Zeiten verstreichen, bis sich die Hälfte wieder halbiert hat, und nochmals solange geht es, bis sich der Viertel wieder halbiert, und so fort. Kurz gesagt: bis die auf den Walliser Bergen vorhandenen Staubabfälle ihre Radioaktivität verloren haben, dauert es mehrere Monate.

Beruhigend ist die Sache jedenfalls nicht. Wenn man weiss, dass bei starker Südströmung Sand aus der Sahara innert drei Tagen auf den Alpenkämmen niedergeht und die Franzosen ausgerechnet in jener Wüste nächsten Frühling eine Atombombe zur Explosion bringen wollen, so ist mit Sicherheit damit zu rechnen, dass sich dieses Experiment auch in unserer Atmosphäre bemerkbar machen wird.

Die Grande Dixence S. A. fand es angezeigt, den aufsehenerregenden Bericht aus Pisa den zuständigen Behörden und vor allem der eidgenössischen Kommission für Radioaktivität zuzustellen. Auffallend ist jedoch, zu vernehmen, dass ein Mitglied dieser Kommission, Professor Richard Extermann in Genf, erklärt, von der Sache nichts zu wissen, wenn er auch gleichzeitig betonte, dass die durch den radioaktiven Staub aufgeworfenen Probleme nicht leicht genommen werden dürfen.

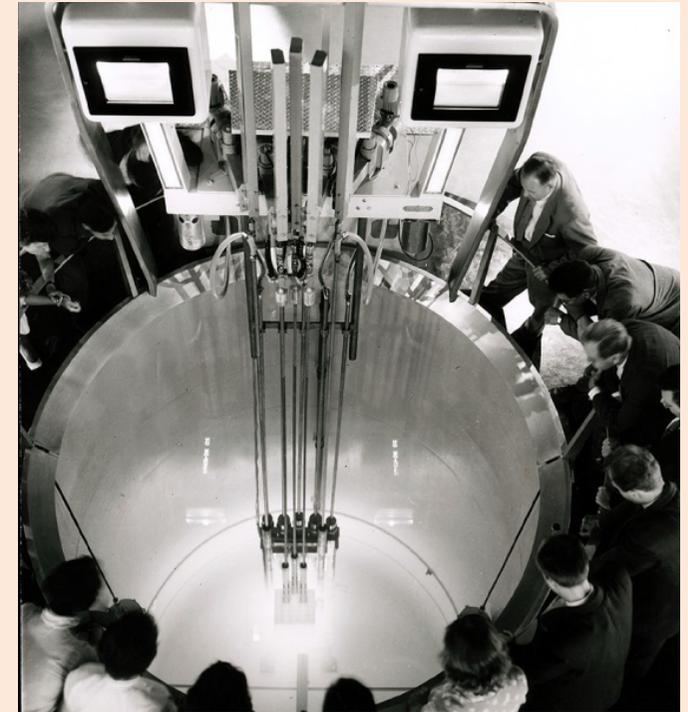
«National-Zeitung» (Basel) du 5 novembre 1959
⁹⁵Zr (65.5d; β⁻), ⁹⁵Nb (35d; β⁻), ¹⁰³Ru (39.5d; β⁻)

La conférence de Genève ... le réacteur SAPHIR pour la «Reaktor-AG» ⇒ EIR ⇒ PSI

- 1955 ⇒ Conférence «*Atoms for peace*» à Genève, ouverte par le Président des E.U. DWIGHT D. EISENHOWER : Donner accès à l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire à tous les pays
- Un petit **réacteur expérimental** («*Swimming Pool Reactor*») a été exposé durant cette conférence. Sur proposition du **Prof. PAUL SCHERRER** (ETHZ), la suisse l'a acheté par sa suite pour un montant de 770'000 CHF pour l'installer comme réacteur **SAPHIR** à la «*Reaktor-AG*», puis «*EIR*» et aujourd'hui «*PSI*», pour la **recherche** et la production de **radio-isotopes pour la médecine**



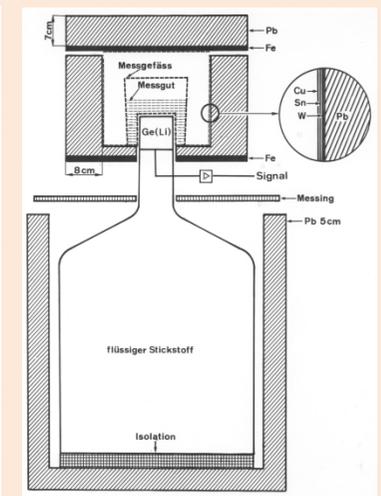
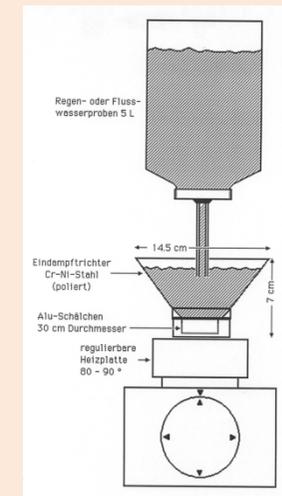
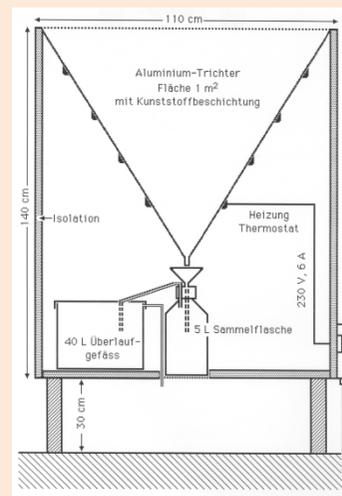
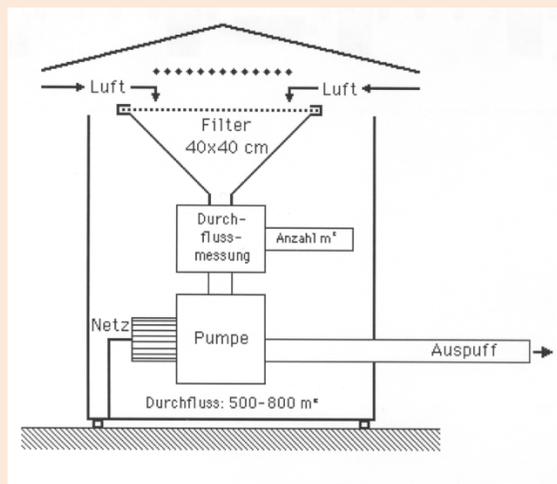
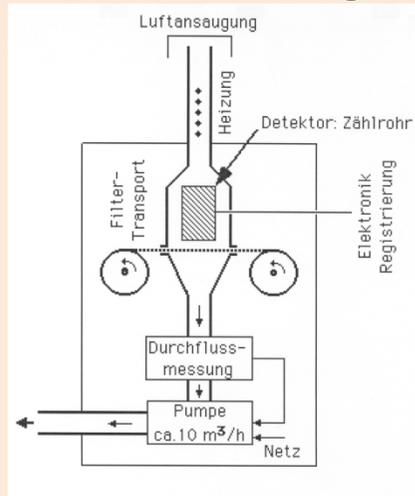
WALTER BOVERI et PAUL SCHERRER



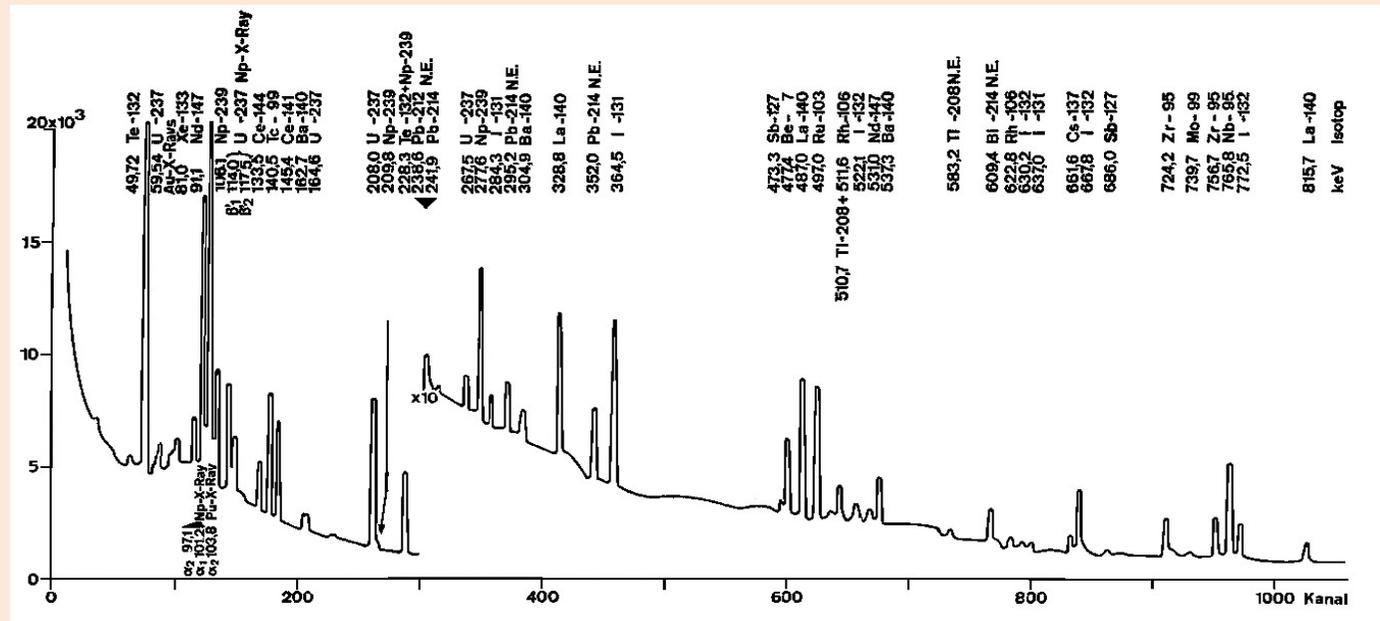
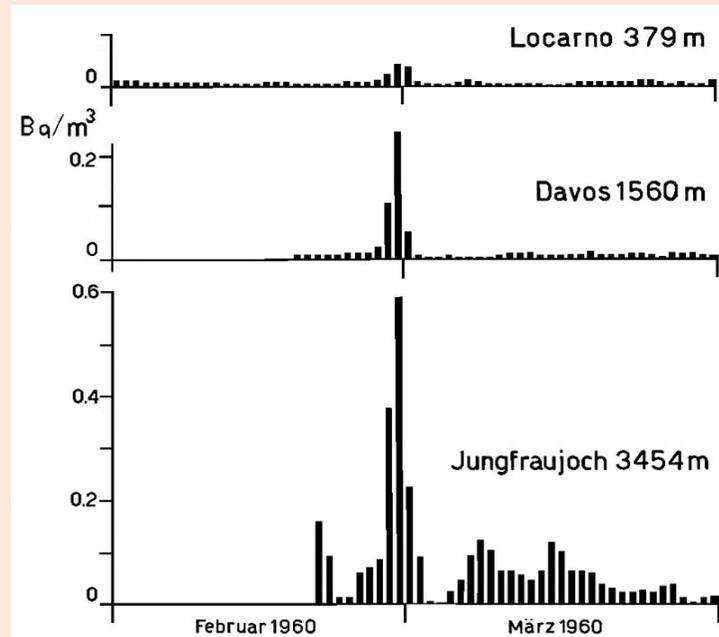
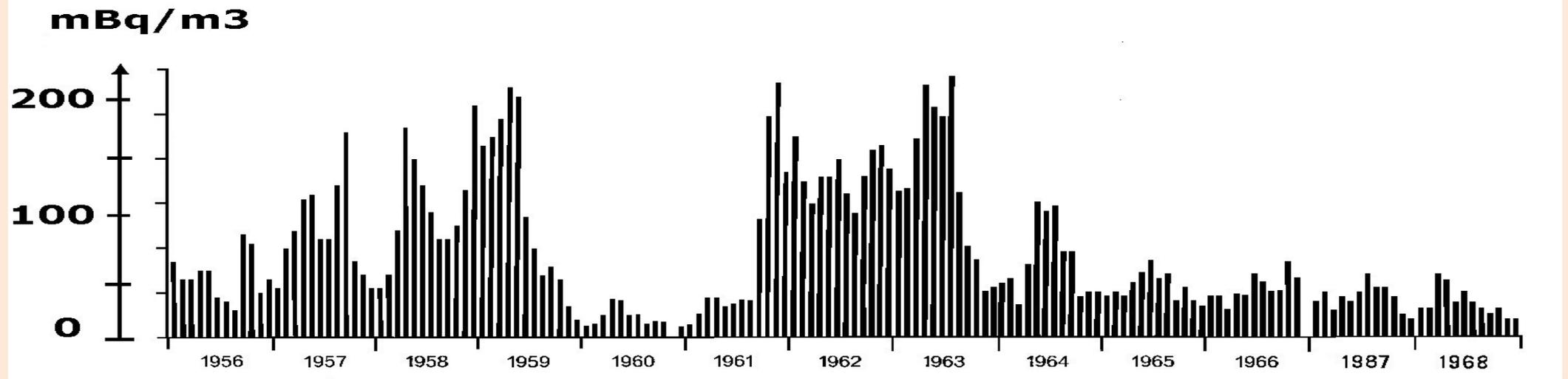
Le réacteur Saphir

Il fallait tout apprendre et développer ... du prélèvement à la technique de mesure

- **Prélèvement:** Aérosols, pluie, eaux des cours d'eau, sol, herbe, froment, lait, dents de lait, os, eaux minérales, corps humain, etc.
- **Mesures:** bêta total avec compteur GM, spectrométrie gamma avec NaI puis avec Ge(Li) et Ge(HP), Spectrométrie alpha avec chambre d'ionisation et détecteur Si, tritium par LS, émetteurs β (^{90}Sr), émetteurs α (par ex, ^{239}Pu , etc.), radionucléides naturels (Rn, U, Ra, etc.), anthropospectrométrie, spectrométrie in situ, gaz rares ($^{85,88}\text{Kr}$, $^{133,135}\text{Xe}$, ^{37}Ar , ...), mesure du ^{14}C , mesure de doses d'irradiation, aéroradiométrie, réseau automatiques de surveillance (NADAM, MADUK, RADAIR; ...), etc.
- **Objet de la surveillance:** Retombées des tests nucléaires, centrales nucléaires, hôpitaux et industries utilisant de radionucléides, radioactivité naturelle, rayonnement cosmique, radon dans les bâtiments; accidents: Centrale nucléaire expérimentale de Lucens (29.1.1969), Tchernobyl (26.4.1986), Fukushima (11.3.2011), Algésiras 25.5.-1.6.1998), ...

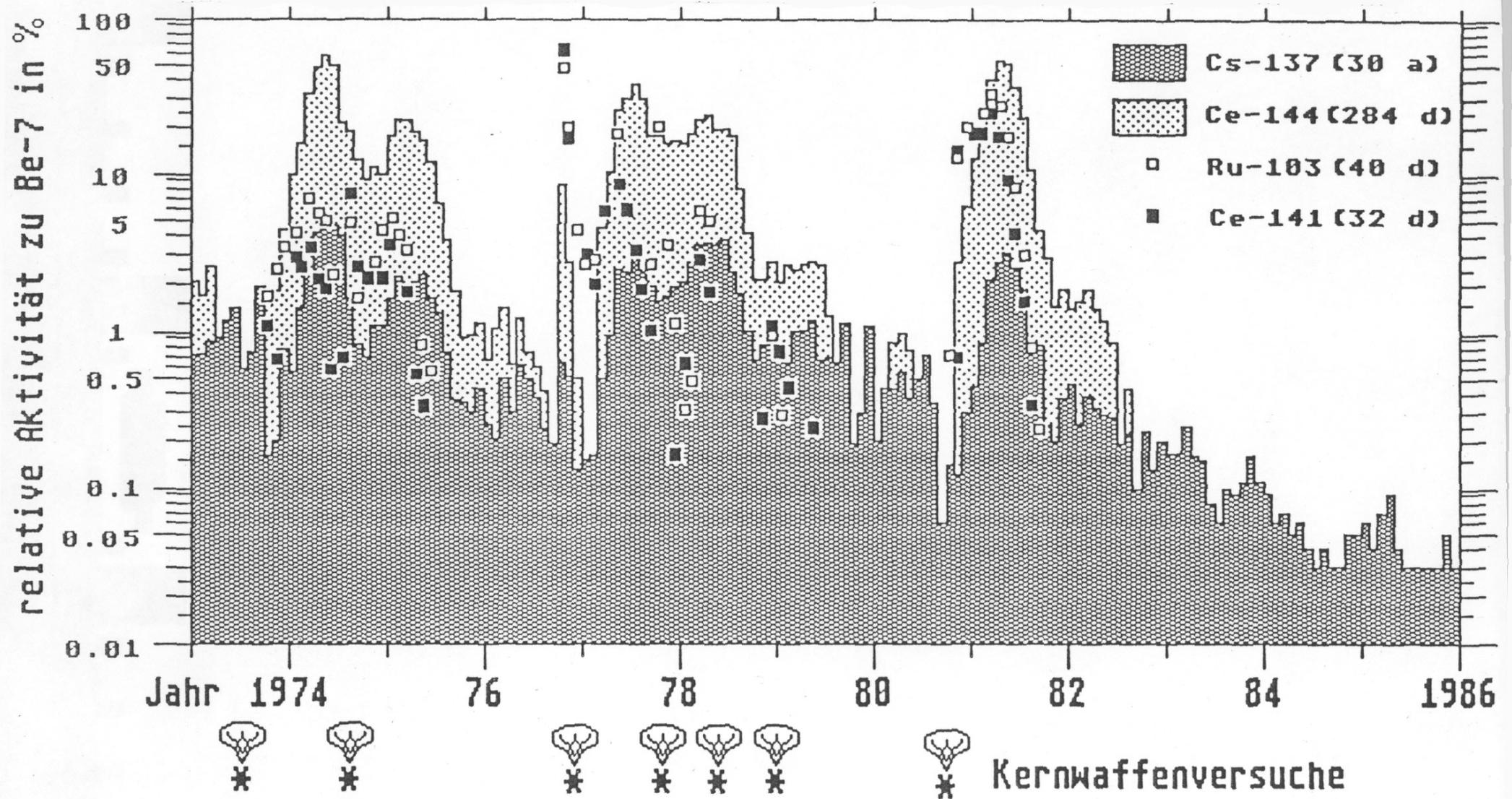


Les premières mesures des retombées radioactives des tests nucléaires

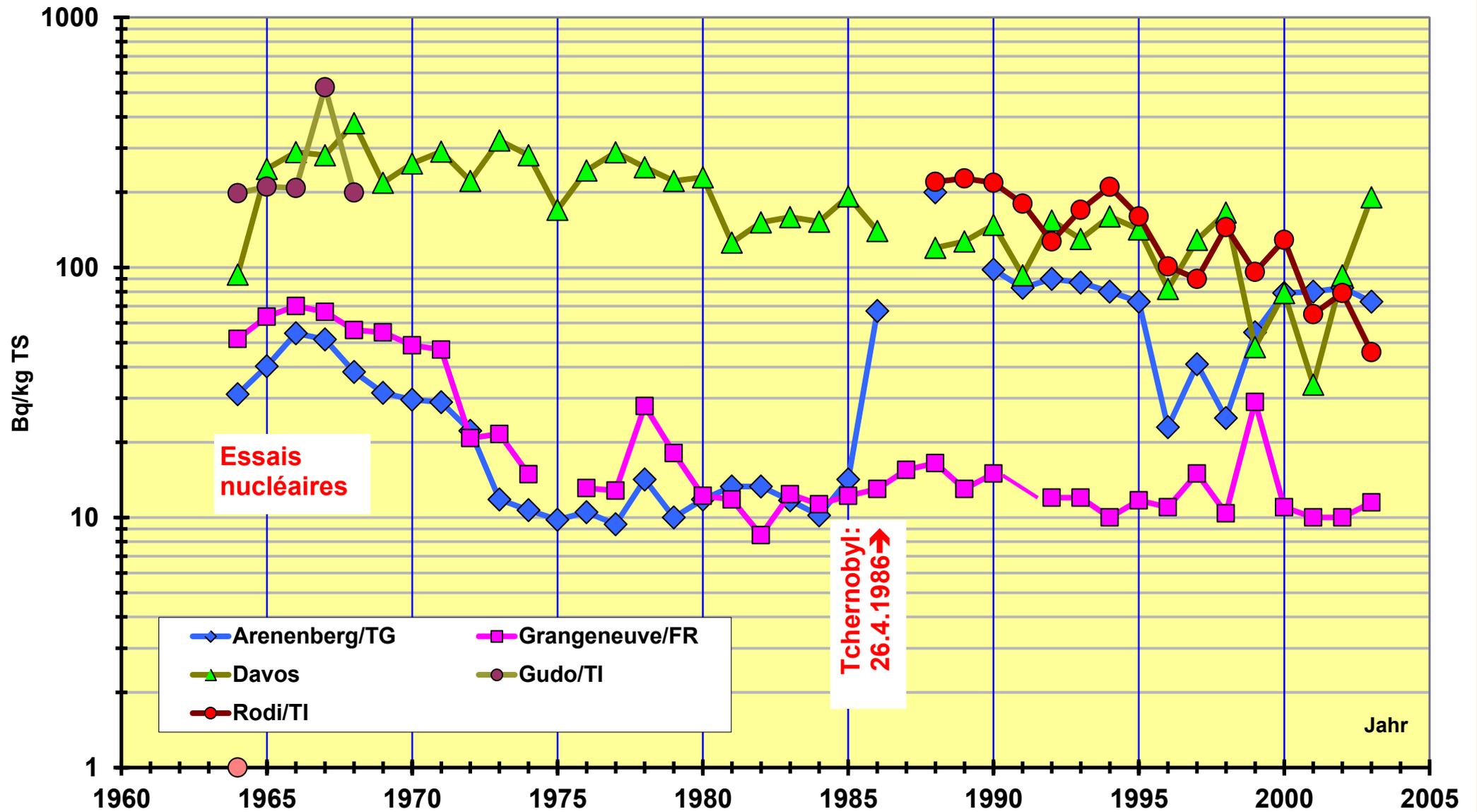


En haut: activité β totale de l'air à Payerne; **en bas gauche:** activité β totale de l'air lors de la 1^{ère} bombe française (le 13.2.1960 près de Reggane en Sahara en Algérie française); **droite:** spectre γ d'un teste Chinois

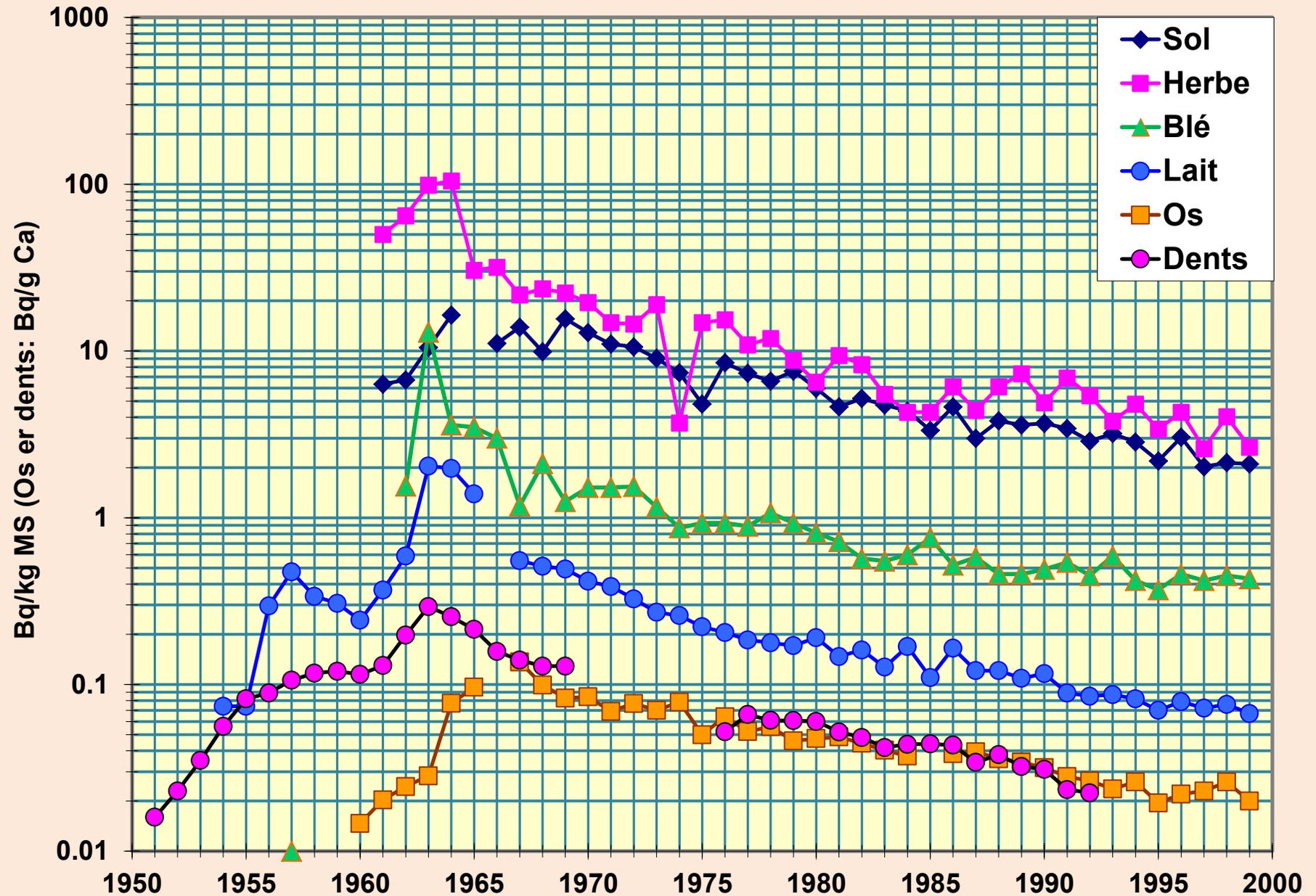
Produits de fission dans l'air après des tests nucléaires chinois (1973 – 1986)



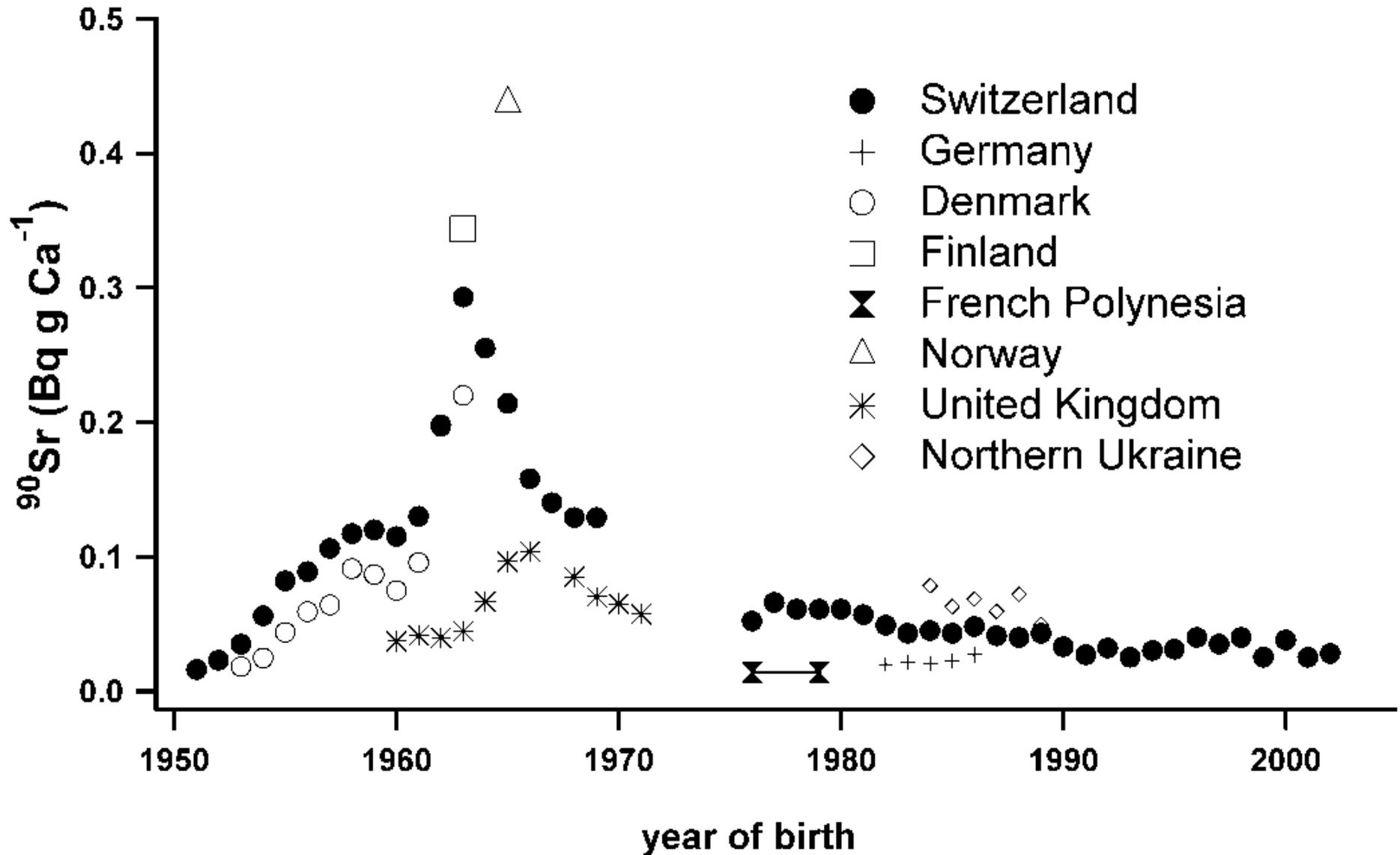
^{137}Cs (30 y) dans le sol de différents points de prélèvement en Suisse



^{90}Sr (27.7 y) dans différents échantillons (*Mesures IRA Lausanne*)



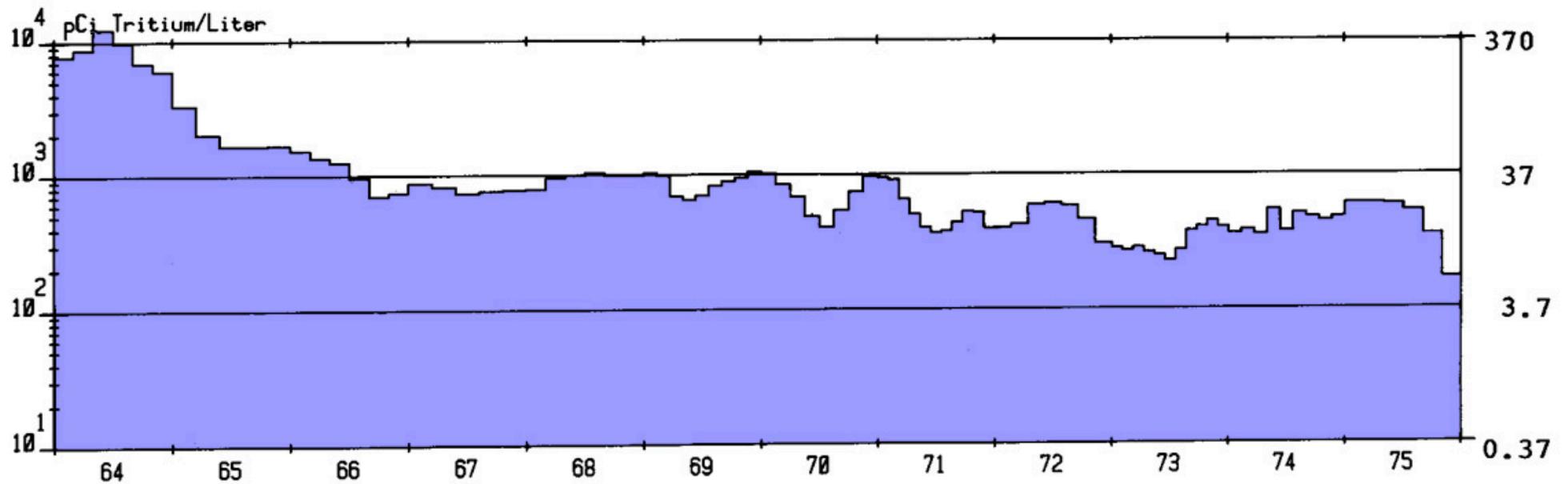
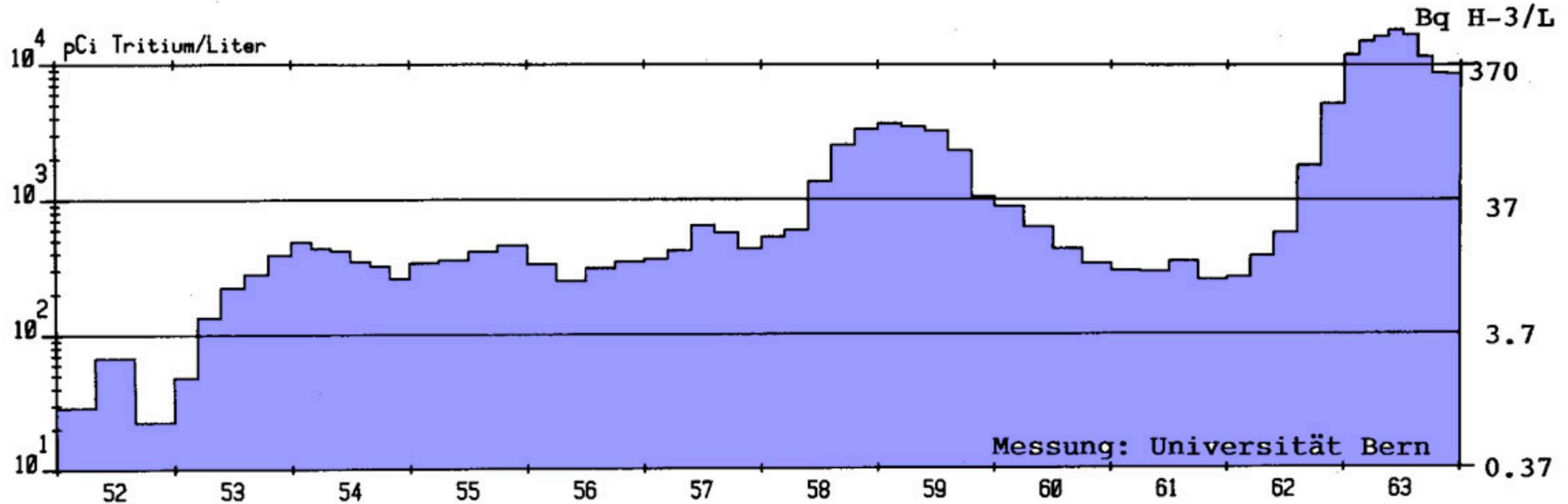
^{90}Sr (27.7 y) dans les dents de lait dans différents pays (*Mesures CH par l'IRA Lausanne*)



^{90}Sr in deciduous teeth from 1950 to 2002: The Swiss experience, P. Froidevaux, Jean-Jacques Geering, J.-F. Valley, Science of the Total Environment 367 (2006) pp. 596–605

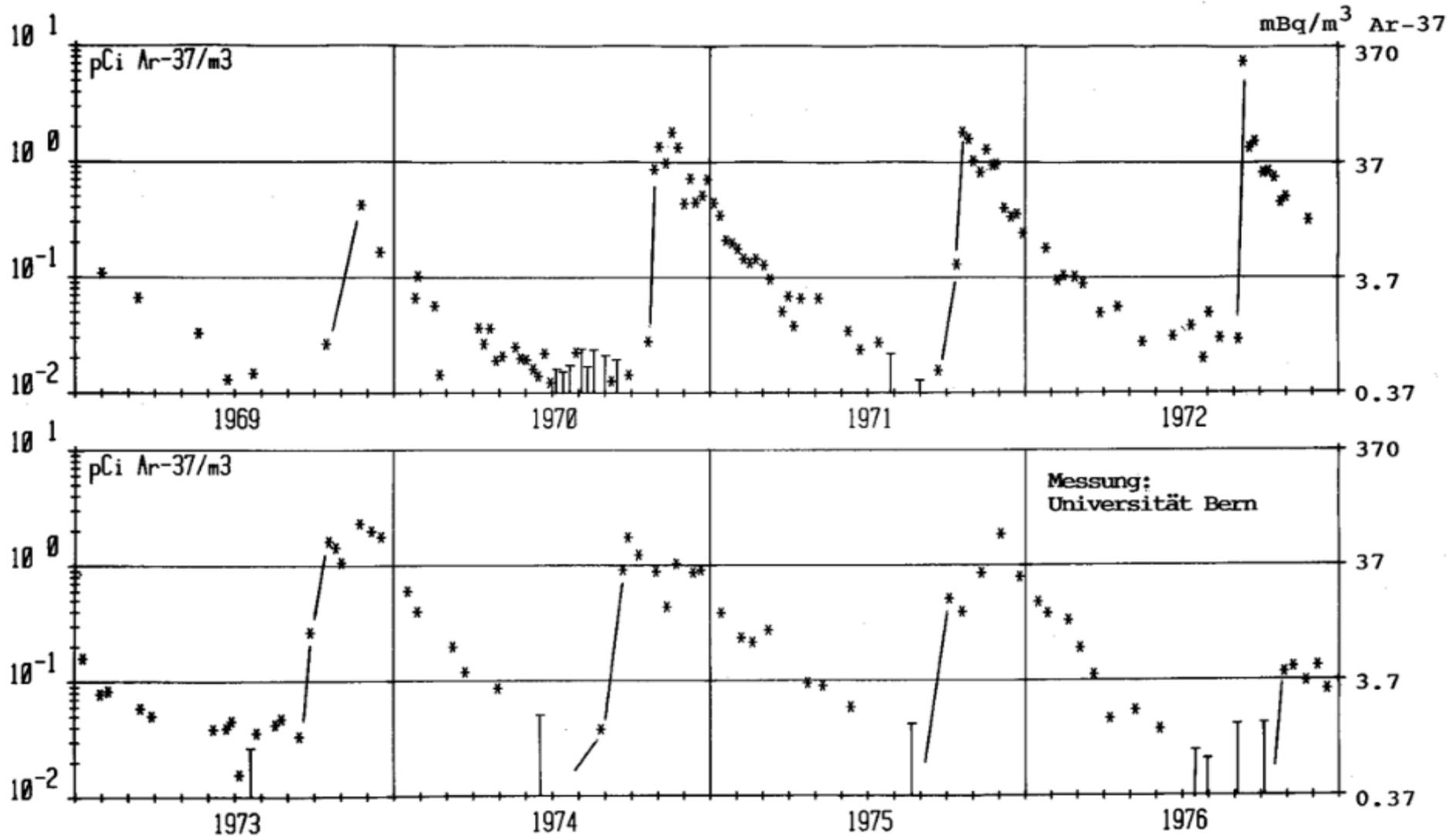
Tritium (12y) dans une carotte de glace du glacier du Colle Gnifetti

(Université Berne; U. Schotterer)



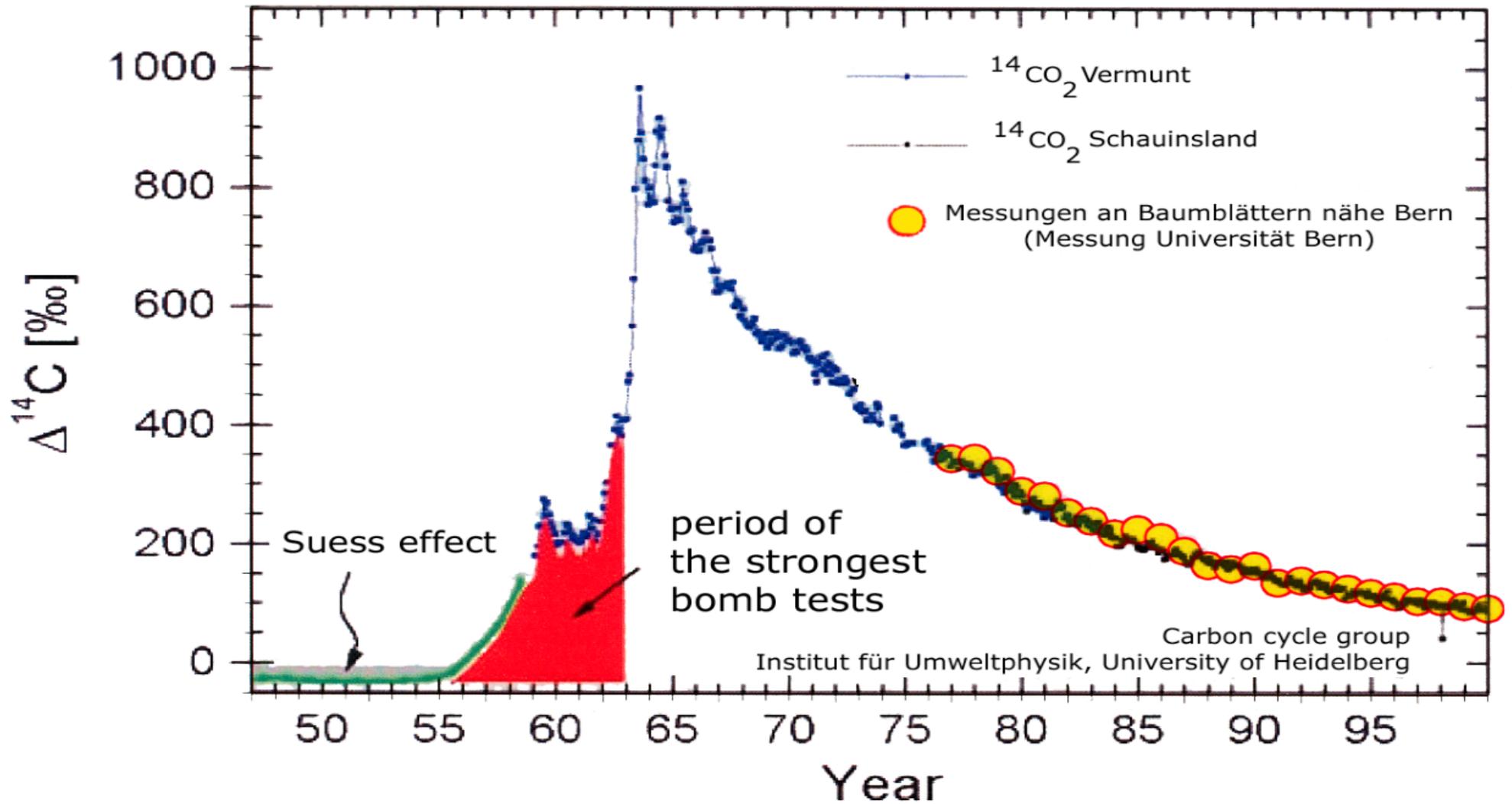
^{37}Ar (35.1.d) dans l'air après des explosions souterraines de la Chine (1969-76)

(Mesure : Université der Berne)

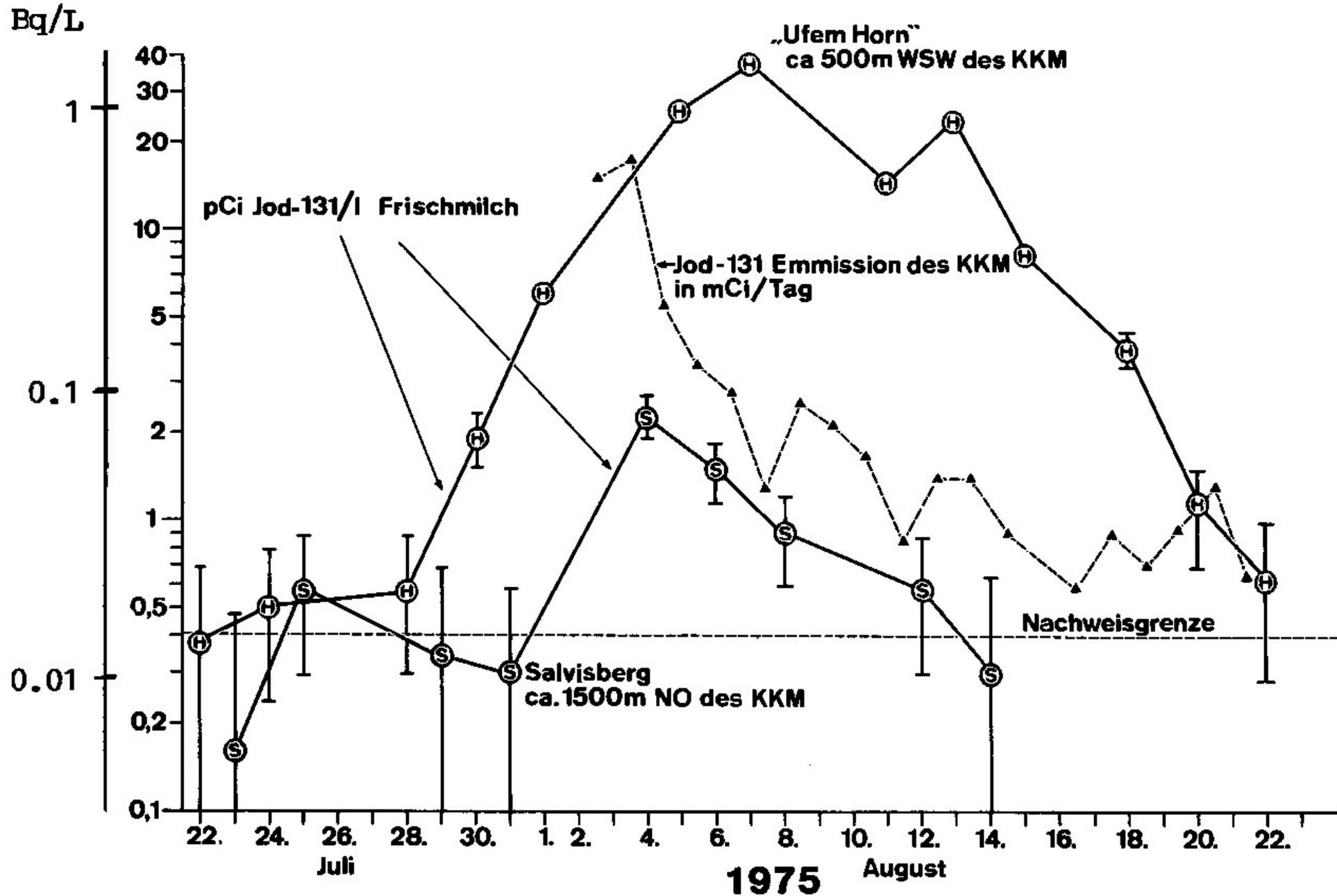


^{14}C (5730 y) dans l'atmosphère (1960-75 Uni Heidelberg) et dans les feuilles de hêtre (1876 Uni Berne)

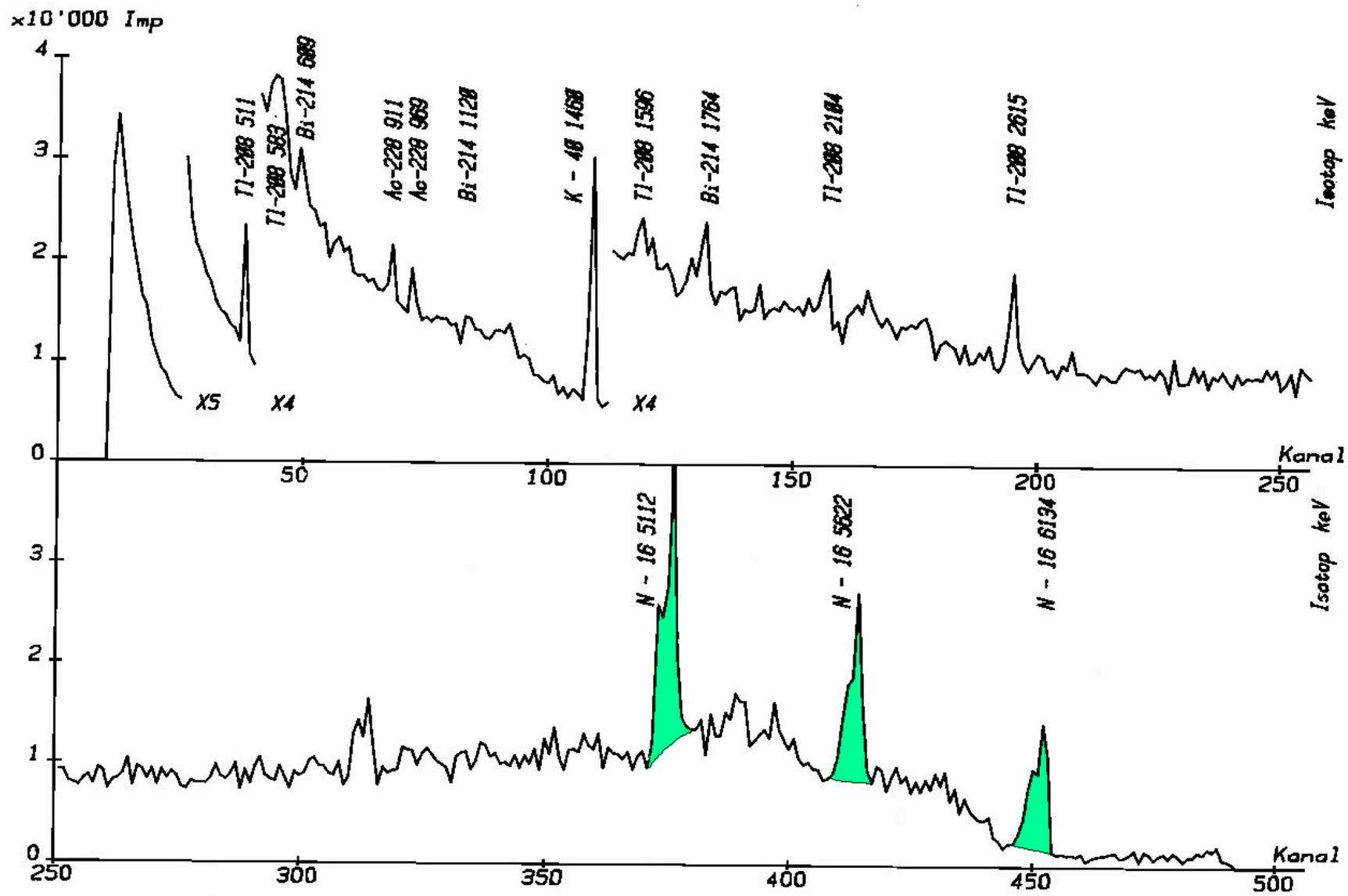
^{14}C in atmospheric CO_2



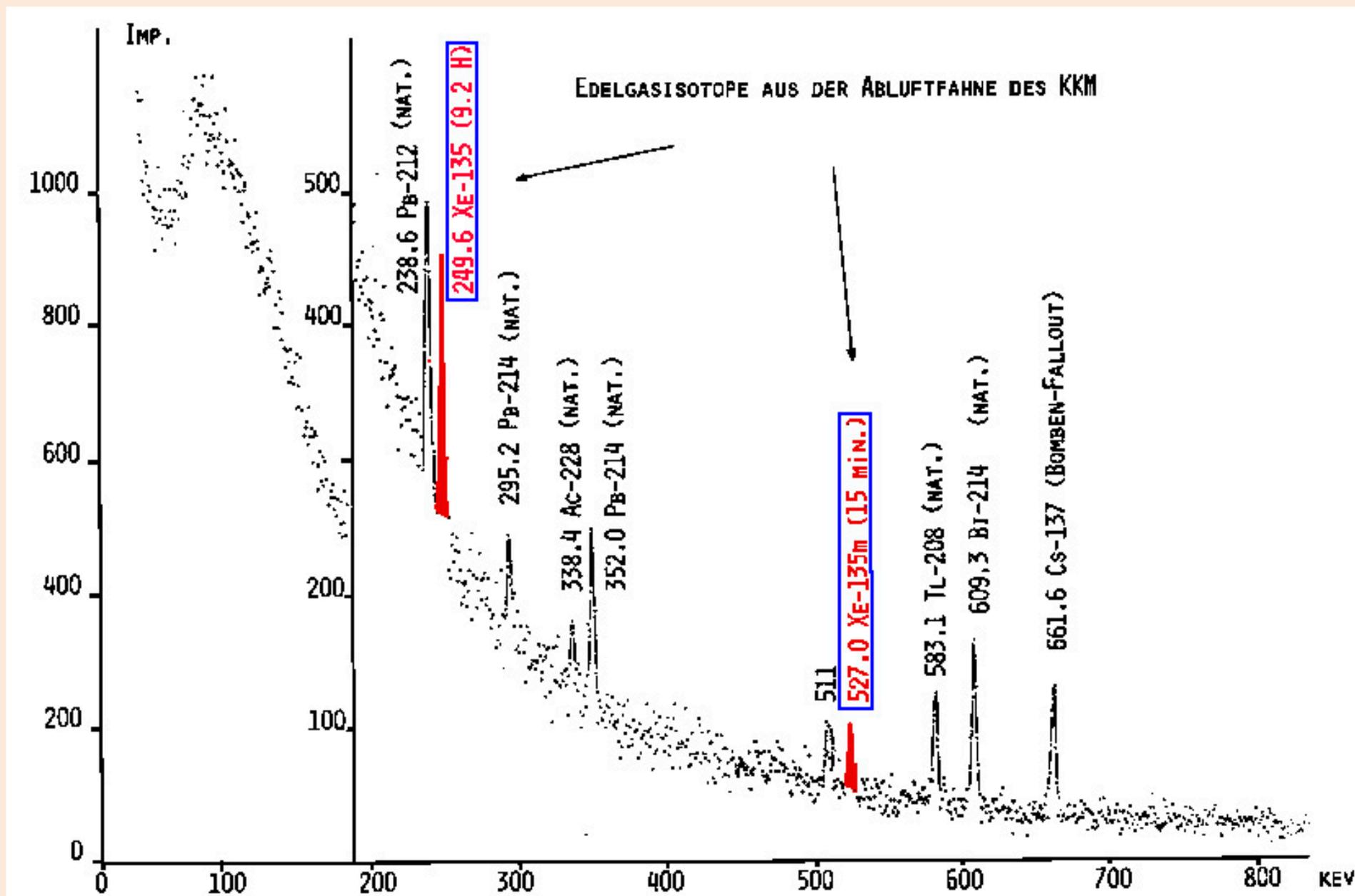
Mesure ^{131}I (8 d) dans le lait de deux fermes près de Mühleberg après «Shut-Down»



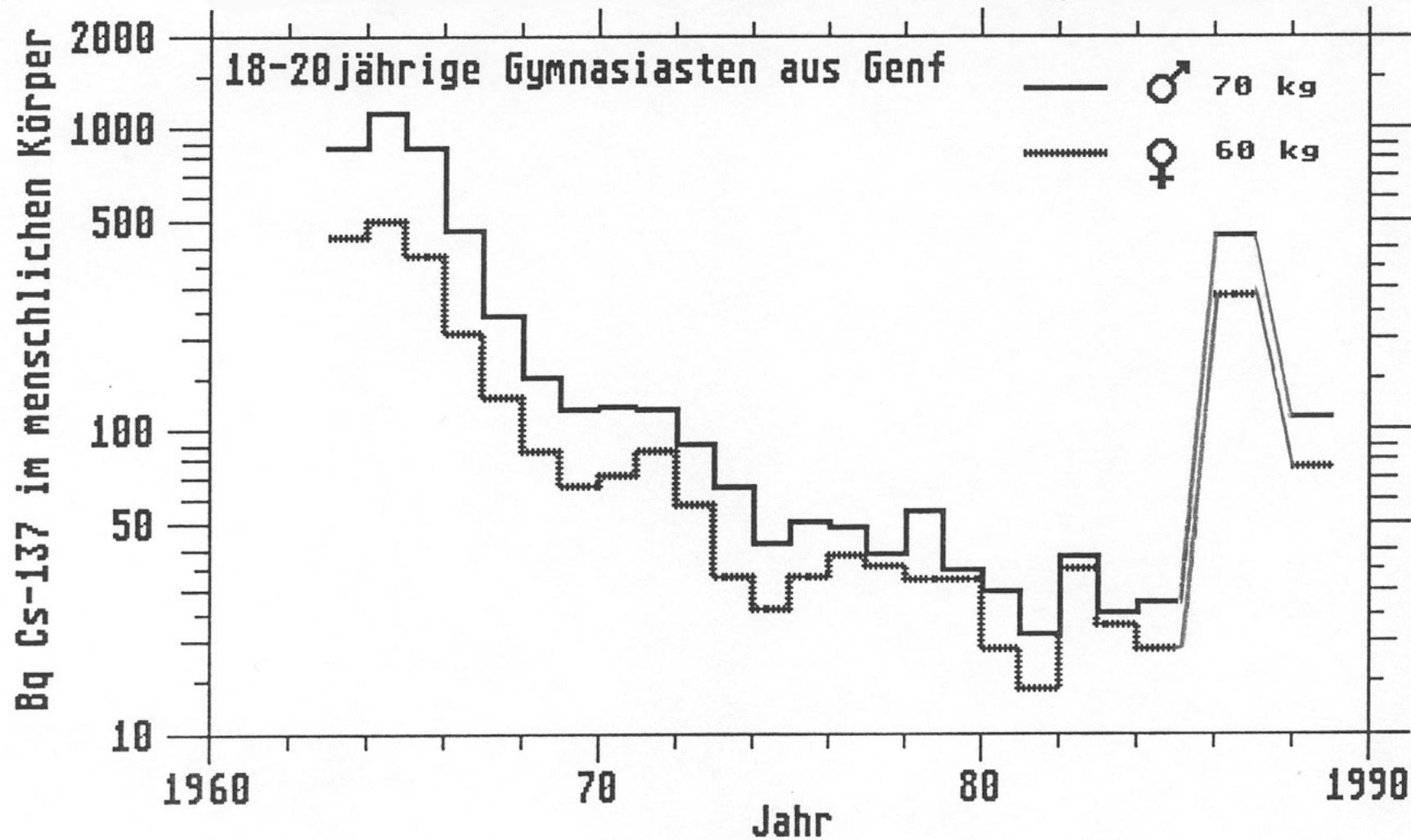
Une des premières mesures «in situ» près de la CN Mühleberg: Mesure du rayonnement direct de l' ^{16}N (7.14 s) du circuit primaire



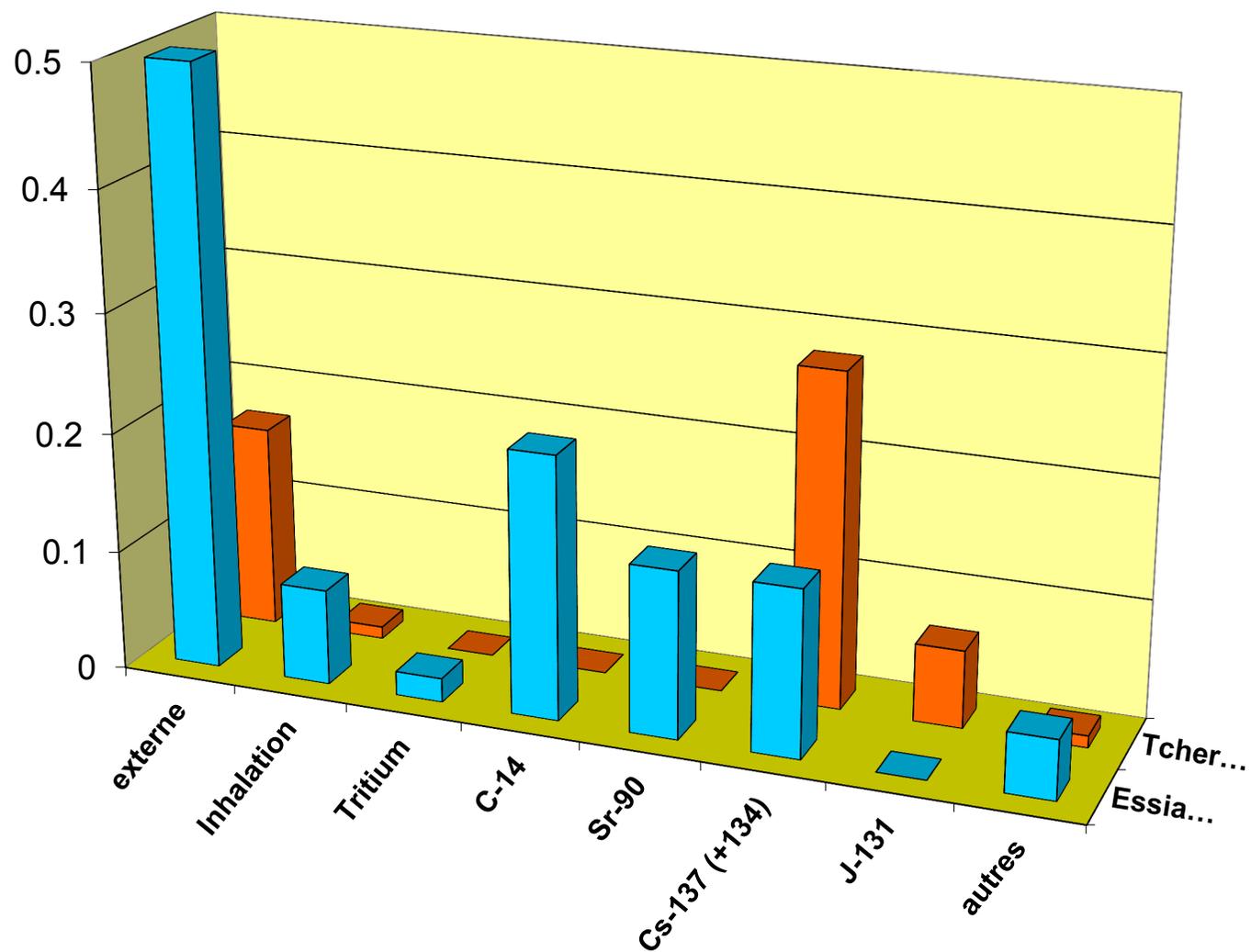
Autre mesure «in situ» près de la CN de Mühleberg: rejet de gazes rare ^{135}Xe (9.14 h)
 $^{135\text{m}}\text{Xe}$ (15.6 m)



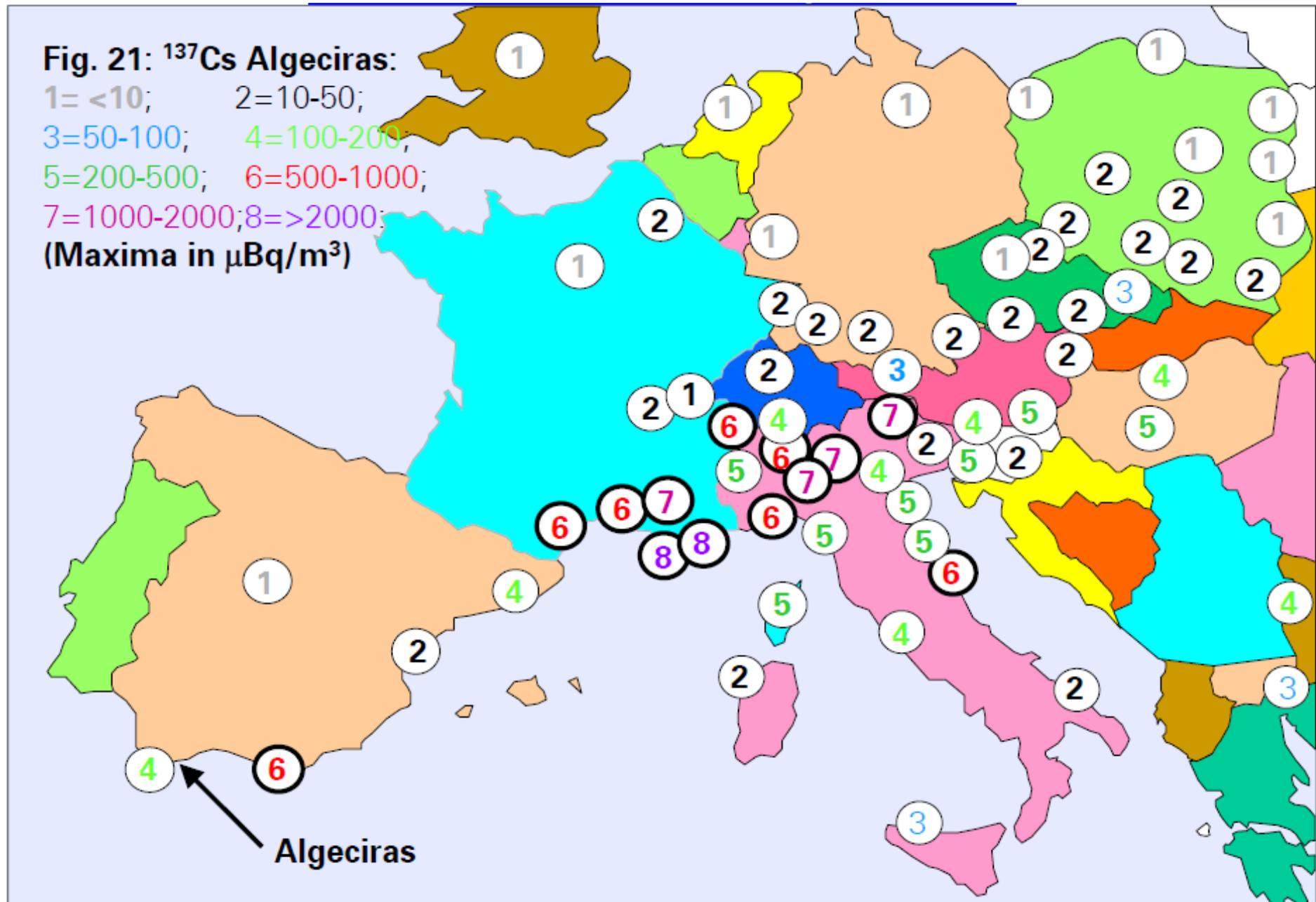
¹³⁷Cs (30 y) dans le corps humain : Collégiens de Genève (mesures SCCI + HUG Genève)



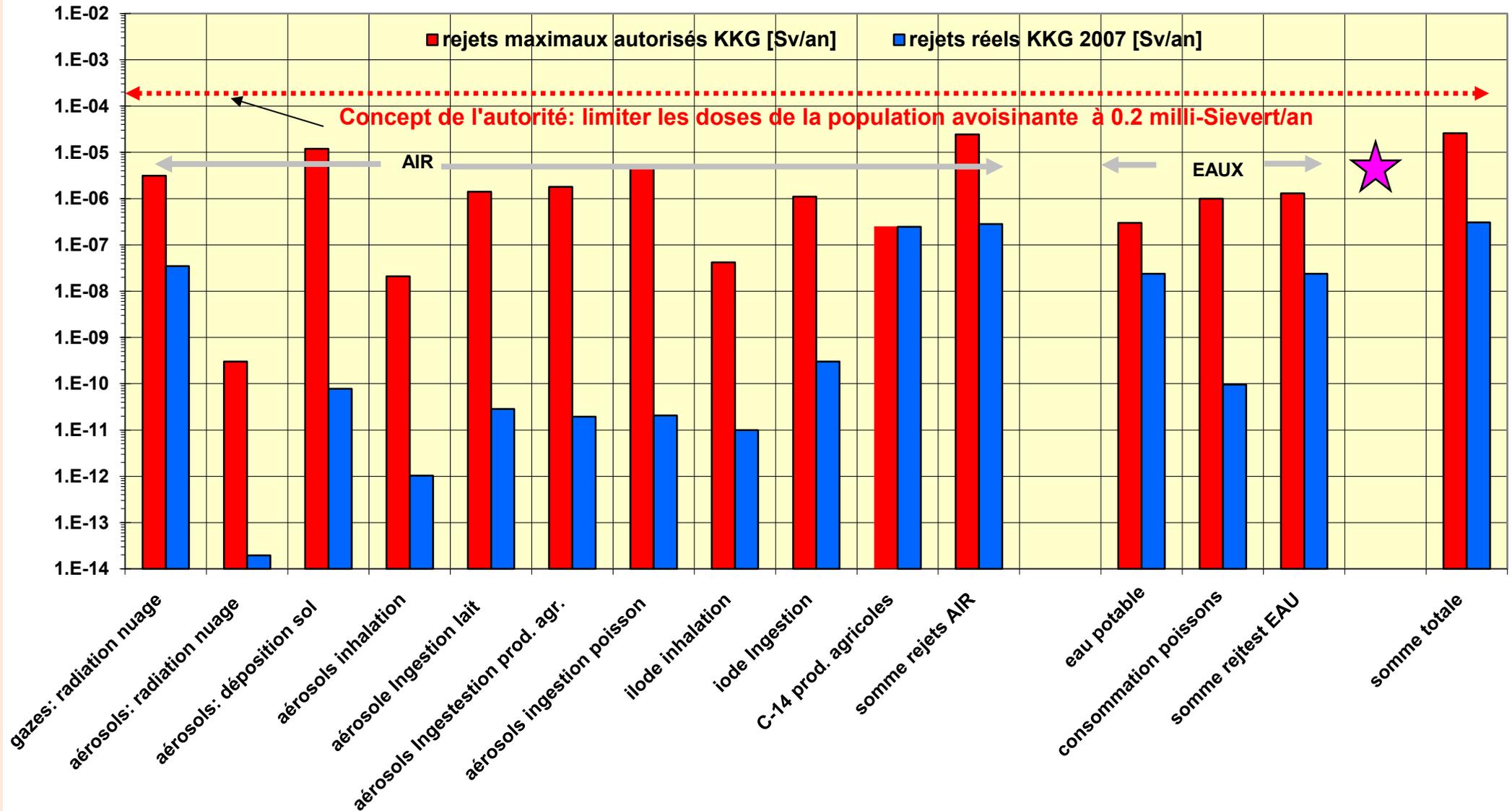
Doses intégrales moyennes de la population Suisse par les retombées et par l'accident de Tchernobyl



Mesures de ^{137}Cs dans l'air après l'incident de Algeciras (Sud de l'Espagne) en Juin 1998 (en échelle logarithmique de 1 à 8)



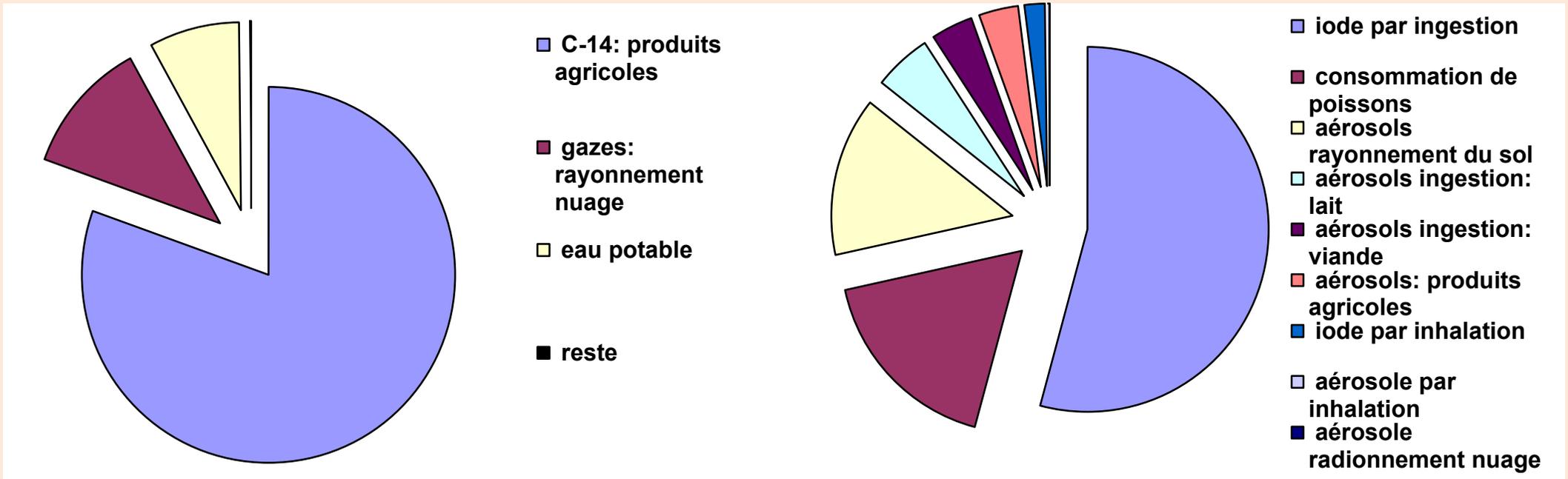
Calcul des doses d'irradiation de la population au voisinage de la CN de Gösgen (2007) (SUER/HSK)



doses d'irradiation dues principalement au radium (+ produits de filiation) près d'une centrale thermique chauffée au charbon de 2400 MW_{th} (S. Nagels, M. Horn, Congrès FS à Borkum, p. 86ff)

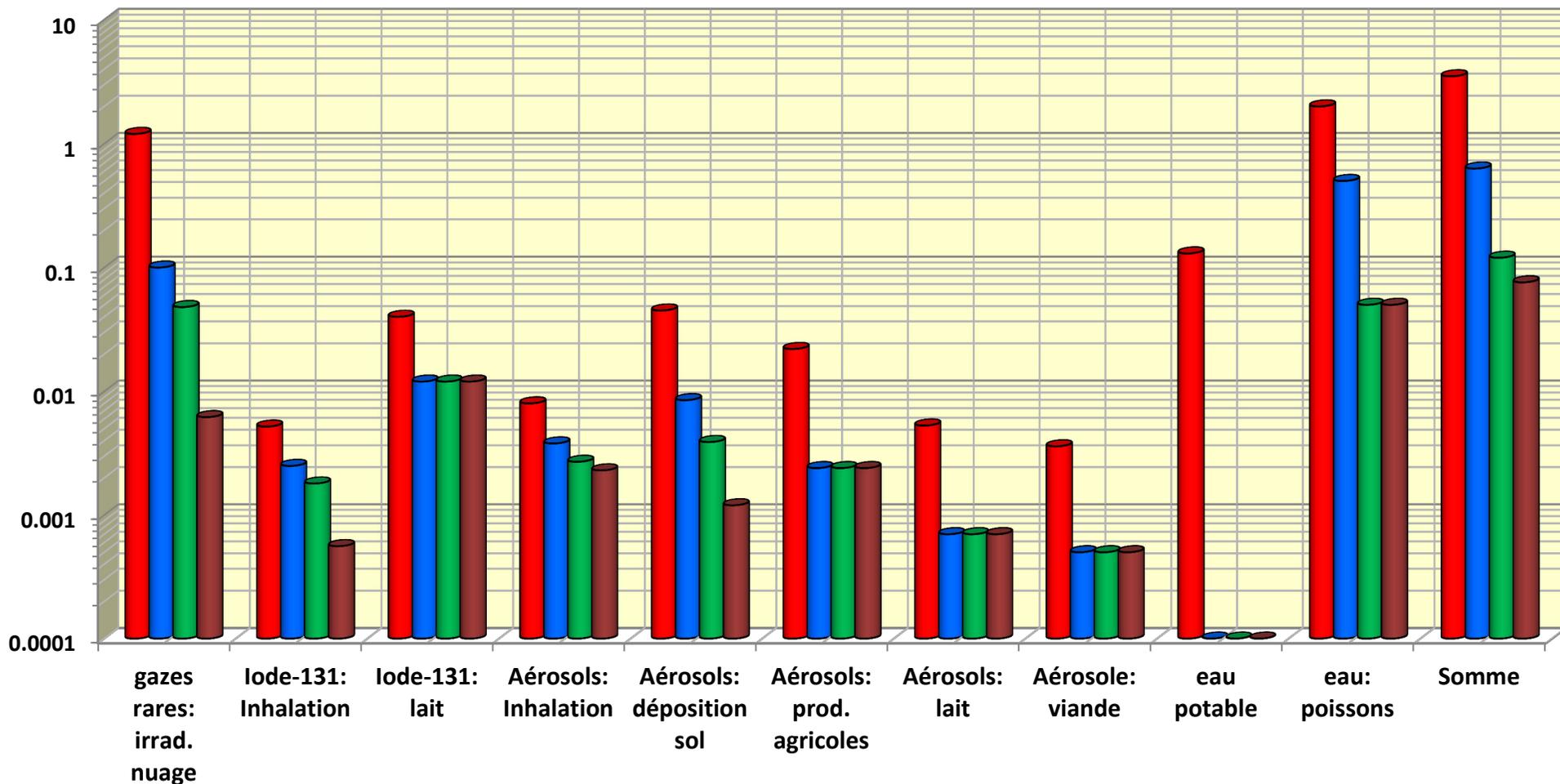
Calcul des doses d'irradiation de la population au voisinage de la CN de Gösgen (2007)

À gauche: composantes les plus importantes; à droite: reste

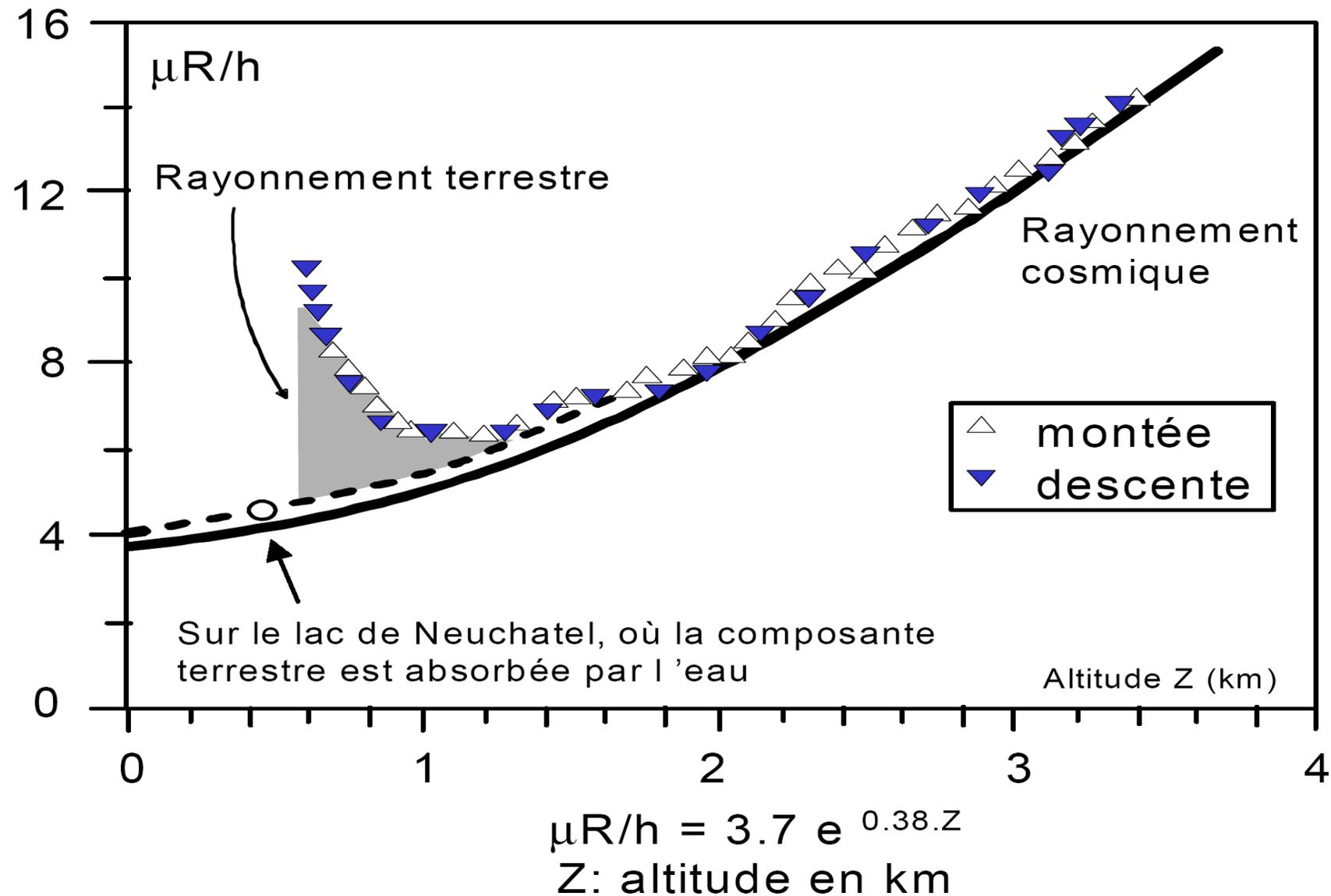


Calcul des doses d'irradiation de la population au voisinage de la CN de Mühleberg (SUER/HSK)

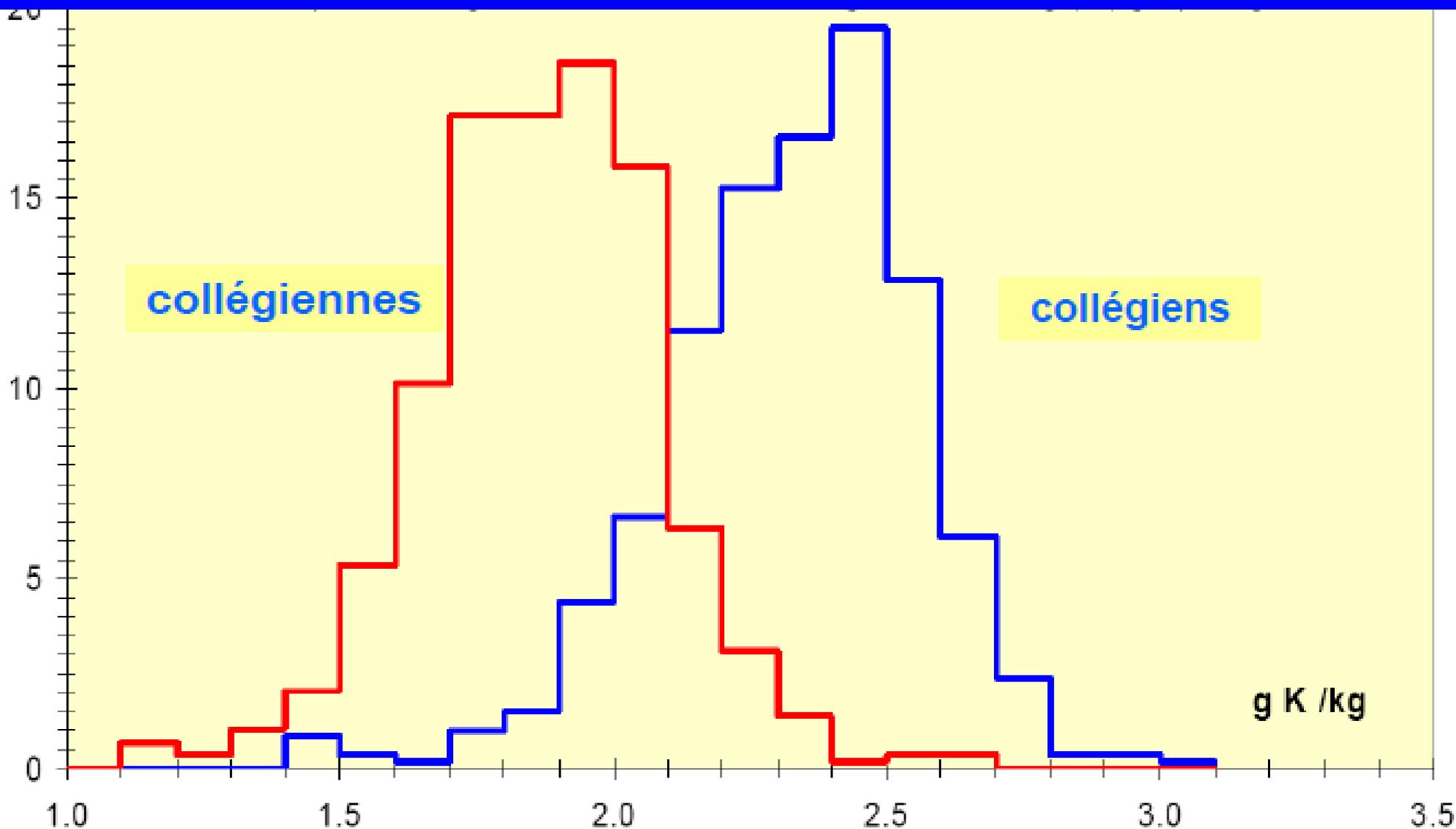
- individus (calcul conservateur)
- individus (calcul réalistique)
- population au point critique (calcul réalistique)
- moyenne population au voisinage (calcul réalistique)



Mesure du rayonnement cosmique (chambre d'ionisation R&St) lors d'un vol en ballon à air chaude (SUER)

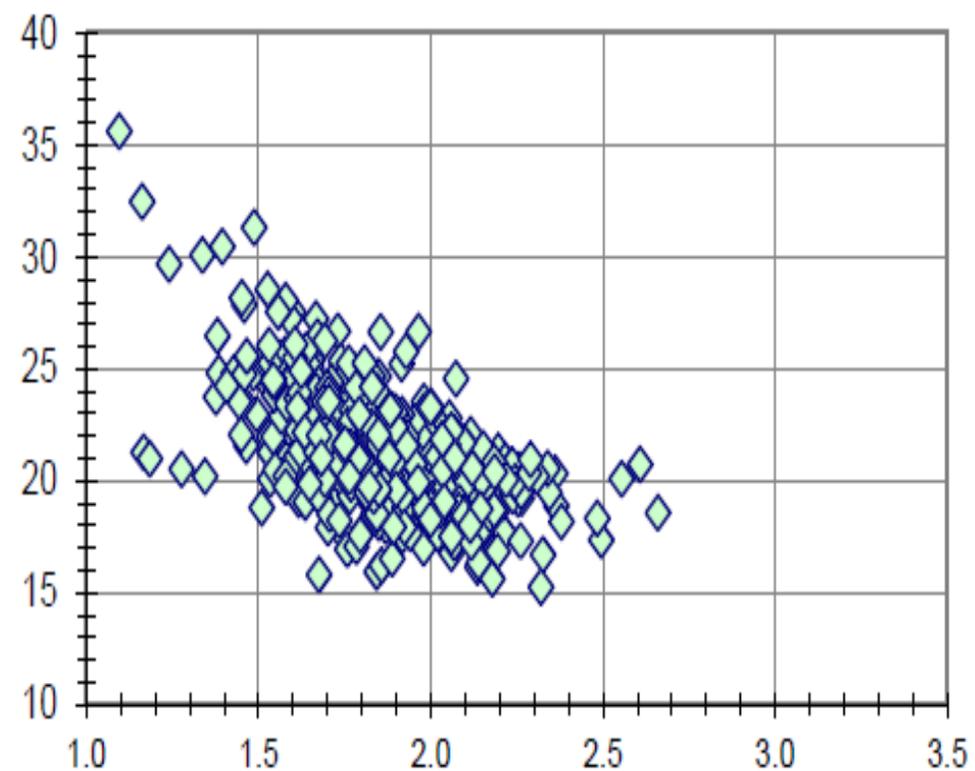
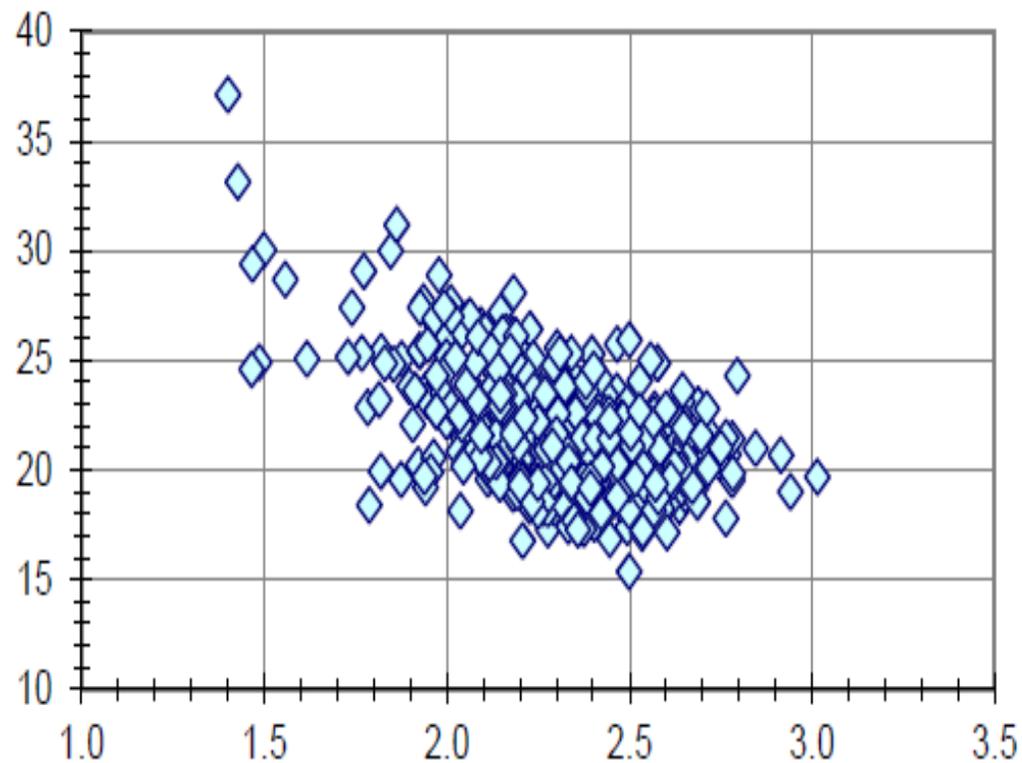


^{40}K : Collégiens de 18 – 20 ans de Genève: mesure HUG/GE
(^{40}K naturel: histogramme g P/kg de masse corporelle)



1g K \approx 31.2 Bq ($^{40}\text{K} / \text{K}_{\text{nat}} = 0.0118\%$)

Le K se trouve surtout dans les muscles! \rightarrow  ont plus que les  !!!



Corrélation de la teneur en ^{40}K sur l'axe X (en g K par kg de masse corporelle) avec le « Body Mass Index : BMI»*) [kg/m^2] sur l'axe Y mesuré sur des collégiennes et collégiens de 18 – 20 ans de Genève, dans les années 1973 à 2003. A gauche : Garçons, à droite : filles. Données publiées dans des rapports annuels de la CFSR et de l'OFSP ; mesurés par le HUG et le SCCI- Genève. (1 g K \approx 30.35 Bq ^{40}K).

*) *Indice de masse corporelle.*

spectrométrie γ en laboratoire (OFSP-SUER à Fribourg)

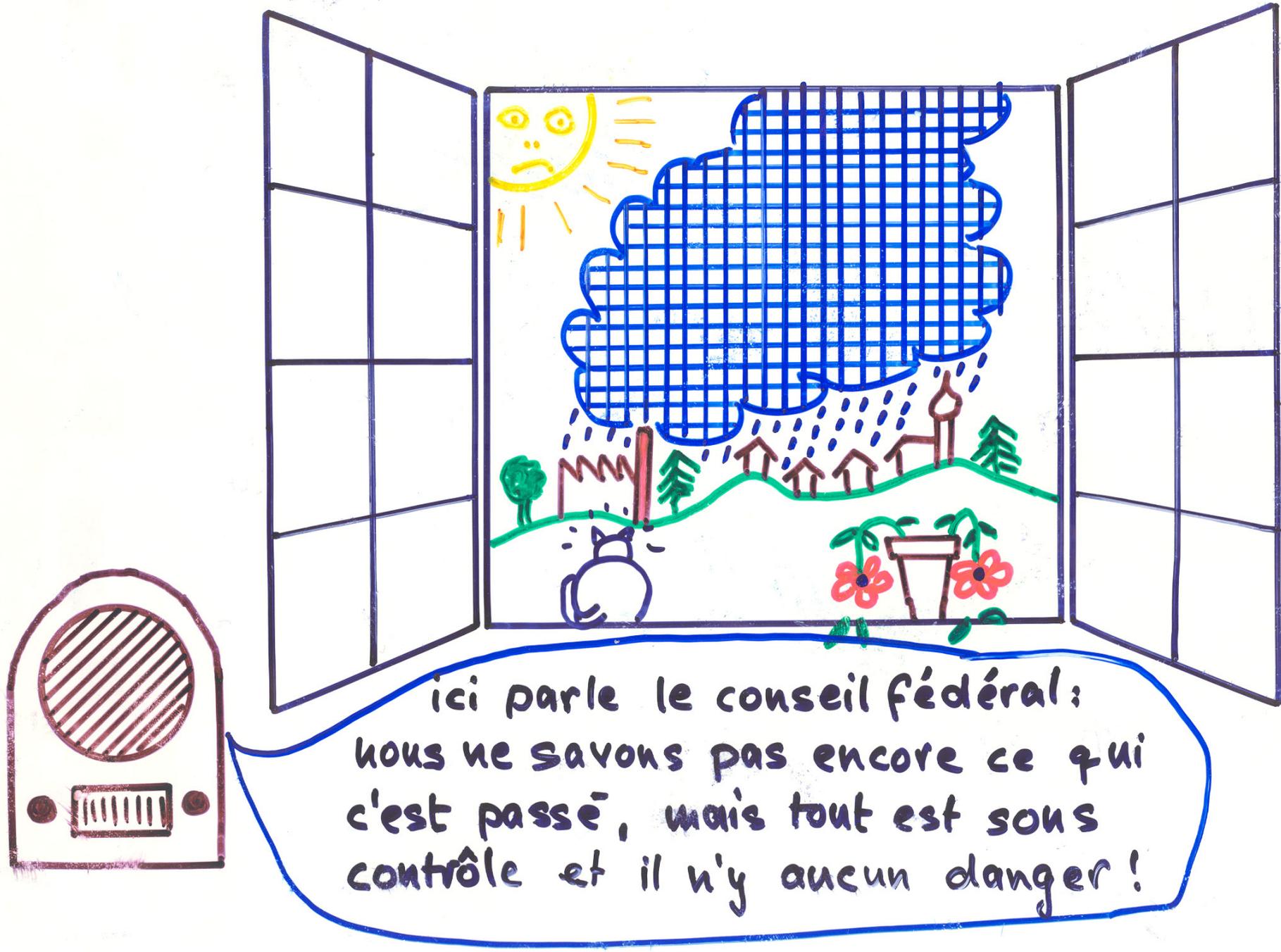
Détecteur Ge(HP)
avec son blindage Pb

Photo: OFSP/SUER

Collection d'aérosols (près du sol et altitude) et des précipitations



Comme les journalistes perçoivent les autorités



Ce qu'il faudra peut-être surveiller dans les années à venir



Atomproblem gelöst

« Chérie, j'ai loué notre garage. Ces gens veulent y déposer quelques fûts, et ce qui es cool, ils m'ont déjà payé le loyer pour 30'000 ans ! » Source : StrahlenschutzPraxis Nr. 2/2015 p. 35.

Merci pour votre attention !

