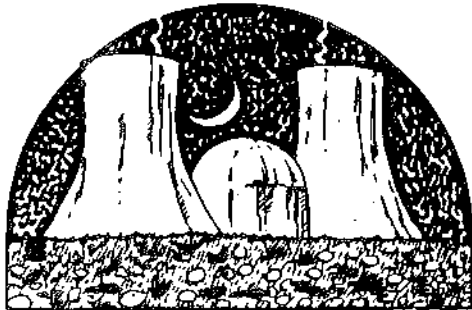
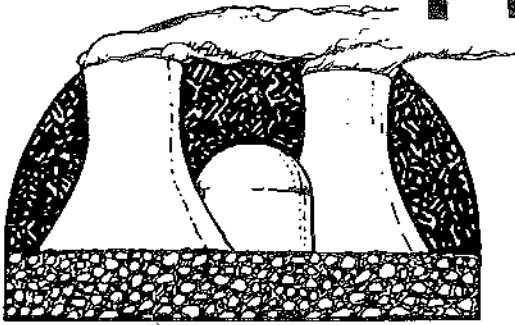


II CONFERÈNCIA CATALANA PER UN FUTUR SENSE NUCLEARS



**Auditori del Centre Cultural
Plaça de Sant Jaume
Jaume I, 2, Barcelona
Dia 18 d'abril de 1988,
a les 18 h.**



Organització: Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear. Apartat de Correus 10095; 08080 Barcelona

Amb el suport de les següents entitats:

Alternativa Verda - Moviment Ecologista de Catalunya; Biorama; Col·lectiu Ecologista L'Aizina;
Centre d'Anàlisis i Programes Sanitaris (C.A.P.S.); Centre d'Estudis Joan Bardina; Comissió per a la Reparació d'"Userda".
Comité Antinuclear de Catalunya (C.A.N.C.); Ecotècnia S. Coop. per a l'autonomia Tecnològica;
Federació de Cooperatives d'Ensenyament de Catalunya; Fundació Roca i Galès;
INVESCIT. Institut d'Investigació sobre Ciència i Tecnologia; Revista "En peu de Pau";
Revista "Quaderns Tècnics"; Revista "Integral"; Societat Catalana d'Educació Ambiental;
WISE - World Information Service on Energy-Tarragona

U.A.B. Vicerektorat de relacions Exteriors i Campus

FUNDACIÓ CAIXA  DE BARCELONA

PRESENTACIO

El GCTPFNN va organitzar, el passat 26 de febrer de 1987, a l'Aula Magna de la Universitat de Barcelona, la I CONFERENCIA CATALANA PER UN FUTUR SENSE NUCLEARS. Reconeguts especialistes alemanys, anglesos i francesos exposaren els riscos associats a la producció d'energia elèctrica mitjançant les centrals nuclears i exploraren les possibilitats reals d'abandó de la via nuclear com a forma de producció d'energia.

L'èxit assolit per la I C.C.P.F.S.N., va possibilitar que el GCTPFNN comencés d'immediat les tasques d'organització de la II Conferència.

Enguany la II CCPFNN estarà dedicada a l'accident de Txernòbil i el seu impacte. Falta solament una setmana perquè faci dos anys que l'accident més gran mai ocorregut en una central nuclear tingués lloc a Ucraïna.

Com a conseqüència de l'accident, quantitats ingents de productes radioactius s'escamparen per tot Europa. La circulació atmosfèrica els va anar repartint, i les pluges els depositaren en determinats llocs, els anomenats "punts calents". Per fer-nos càrreg de l'abast d'aquesta greu contaminació radioactiva, el GCTPFNN ha convidat enguany a Michèle Rivori, presidenta de la Comissió Regional Independent d'Informació sobre la Radioactivitat (CRII-Rad), entitat constituïda poc després de l'accident de Txernòbil i que ha jugat un paper clau a França en el desenmascarament de les mentides i dels silencis que la nucleocràcia francesa i els seus servidors escampaven. Les mesures de radiocativitat reals a França han demostrat que el núvol radioactiu no s'havia pas aturat als Alps, com deien els nucleócrates.

També hem convidat a Mario Schmidt de l'Institut de Recerca Energètica i Medioambiental (IFEU), organisme independent que ha treballat de valent en la valoració de l'impacte que sobre Alemanya Occidental ha tingut l'accident de Txernòbil.

Paral·lelament, el GCTPFNN va convidar al Dr. John W. Gofman, un dels científics més crítics de l'energia nuclear i que ha contribuït fortament a questionar els suposats no efectes de les radiacions ionitzants en baixes dosis. El Dr. Gofman va contestar a la invitació oferint-se per a redactar una ponència sobre l'Anàlisi Actualitzada del risc de contraure càncer i leucèmia a conseqüència de la radiació ionitzant. Una greu malaltia l'ha apartat durant els mesos de febrer i març de les seves tasques docents i de recerca. Malgrat això s'ha dirigit al GCTPFNN manifestant el seu compromís de fer-nos arribar la ponència tan aviat com la seva salut estigui refeta. Malgrat tot reproduïm dos treballs seus recents i molta altra documentació de gran utilitat per tots aquells col·lectius i persones preocupades pels efectes de les radiacions ionitzants.

No podia faltar però la visió que desde Catalunya es té de l'accident de Txernòbil. Per això, paral·lelament a l'exposició de com van comportar-se els mitjans de comunicació, donem l'oportunitat a diversos col·lectius catalans d'explicar el que varen fer i continuen fent després d'haver ocorregut l'accident.

L'hermetisme i l'amagament de la Informació ha estat una pràctica ben quotidiana tant per part de l'administració (estatal i autonòmica) com per part de científics i tècnics que fan de la ciència i de la tècnica la seva gàbia de vidre, oblidant uns i altres que al seva actuació erosiona els fonaments mateixos de la credibilitat científica dels laboratoris oficials.

Desitjant que totes aquestes aportacions ens ajudin a aprofundir en les raons per les quals cal continuar dient un rotund NO a l'energia nuclear, sigueu tots/es benvinguts/des a la II CONFERENCIA CATALANA PER UN FUTUR SENSE NUCLEARS.

Barcelona, al 18 d'abril del 1988

a una setmana del 20è Aniversari de l'Accident de Txernòbil.

INDEX

1. El risc de contraure càncer i leucèmia a conseqüència de les radiacions ionitzants: Anàlisi actualitzada
John W. Gofman
2. La Contaminació Radioactiva del Medi Ambient a França:
2 anys de mesures independents.
Michèle Rivari, CRII-Rad, Montelimar
3. L'impacte sobre la salut de l'accident de Txernòbil sobre la població de l'Alemanya Occidental.
Mario Schmidt, IFEU, Heidelberg
4. Txernòbil i Catalunya: els mitjans de comunicació de masses i l'accident de Txernòbil.
Santiago Vilanova
5. Txernòbil i Catalunya: els antinuclears i/o ecologistes i l'accident de Txernòbil.
CANC, EAE, GCTPFNN, WISE
6. Txernòbil i Catalunya: petit dossier de premsa.
7. ANNEXOS:
 - A1. Directori de grups independents de mesures de radioactivitat.
 - A2. Les radiacions ionitzants i no ionitzants: algunes dades interessants.
 - A3. Les radiacions ionitzants: el debat.
 - A4. Les radiacions ionitzants: la ciència.
 - A5. L'accident de Txernòbil: algunes fórmules i comparacions, i altres articles del CNR Inc.
 - A6. L'accident de Txernòbil: els models basats en ordinadors i la seva realitat.

1. EL RISC DE CONTRAURE CÀNCER I LEUCÈMIA A

CONSEQÜÈNCIA DE LES RADIACIONS IONITZANTS:

Anàlisi actualitzada.

John W. Gofman, M.D., Ph.D.

Professor Emeritus of Medical Physics,
University of California, Berkeley.

• BIOGRAPHICAL INFORMATION ABOUT THE AUTHOR •

John Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California at Berkeley, and lecturer at the Department of Medicine, University of California School of Medicine at San Francisco. Author of Radiation and Human Health, 1981.

He is the author of approximately 150 scientific papers in peer-review journals in the fields of nuclear/physical chemistry, coronary heart disease, ultracentrifugal analysis of the serum lipoproteins, the relationship of human chromosomes to cancer, and the biological effects of ionizing radiation with particular reference to cancer and leukemia induction. Since 1980, he has been serving as a peer-reviewer for Health Physics journal.

While a graduate student at Berkeley, he co-discovered Protactinium-232 and Uranium-232, Protactinium-233 and Uranium-233, and proved the slow and fast neutron fissionability of U-233. He worked during the war on the Manhattan Project atomic bombs, and developed some of the first methods for chemically extracting plutonium from irradiated uranium.

After graduating from medical school, he began his research on coronary heart disease and, by developing special flotation ultracentrifugal techniques, demonstrated the existence of high-density and low-density lipoproteins. His work on their chemistry and health consequences has been widely honored, including the Stouffer Prize (shared) in 1972 for outstanding contributions to research in arteriosclerosis, and selection in 1974 by the American College of Cardiology as one of the twenty-five leading researchers in cardiology of the past quarter-century.

Meanwhile, the Atomic Energy Commission asked him to establish the Biomedical Research Division at the Lawrence Livermore National Laboratory. From 1963 through 1969, he served as Associate Director of the Laboratory, and as the first Director of its Biomedical Division, where he also carried out his own laboratory research in cancer, chromosomes, and radiation, as well as his analyses of the data on the Japanese atomic-bomb survivors and other irradiated human populations. In 1969, he published his finding (with Dr. Arthur Tamplin) that exposure to ionizing radiation is far more serious than previously recognized, and stated the first three "laws" of radiation carcinogenesis.

In 1973, he returned to full-time teaching at the University of California at Berkeley, and continued independently to analyze the accumulating human evidence of health effects from radiation in the low-dose region. His book RADIATION AND HUMAN HEALTH (1981; still in print) integrated the existing worldwide evidence for the first time. It has been described as a "remarkable and important book" by the Journal of the American Medical Association (19 March 1982), and recommended by the journal of the American Nuclear Society Nuclear News (January 1982) as "not a tome to be treated casually, since there is a lot of material here which should be read carefully and given thought and evaluation."

His most recent book (1985) X-RAYS: HEALTH EFFECTS OF COMMON EXAMS (with O'Connor) has been selected by the Library Journal (15 April 1986) as one of the most useful and important reference books published during all of 1985. The New England Journal of Medicine (6 February 1986) said, "This book is practical and important. It is destined to represent a watershed in the controversial field of low-dosage radiobiology and will be of inestimable value to radiologists, other physicians, dentists, and patients."

Addresses: 102 Donner Lab, University of California, Berkeley, Calif. 94720, USA, or via Main Post Office Box 11207, San Francisco, Calif. 94101, USA. Tel: 415-664-1933.

John W. Gofman

pob 11841, San Francisco, California 94101, USA

VIA FIRST CLASS AIRMAIL

Dear Dr. Josep Puig:

Saturday, 5 March 1988

I am answering your urgent letter of Feb. 26th to Dr. Gofman because he has been very ill. In fact, he just got out of the hospital. He has been suffering for several weeks from "a fever of unknown origin", which suddenly spiked to a fever of 40.3 degrees centigrade and put him at the edge of septic shock. As you probably know, septic shock is a real life-threatening condition.

Unfortunately, your deadline got overlooked during this period.

Since he is unable to compose a special paper for your conference under the circumstances, he hopes that you will find something among the enclosures of value to use. He thinks that the items marked "A" (his memo to the ICRP of August 1987) and "B" (his lecture for physicians of internal medicine in the Spring of 1987) may be suitable. Any and all of the enclosures are at your disposal, and may be reproduced without further permission.

He sends his best wishes for the success of your conference. We will, of course, provide you with papers which he expects to produce as soon as his health permits.

Very truly yours,



Ms. Egan O'Connor, CNR
(Committee for Nuclear Responsibility)

"Don't be afraid to take a big step if one is indicated. You can't cross a chasm in two small jumps."

--- David Lloyd George (1863-1945).

Memorandum: August 28, 1987

From : John W. Gofman, M.D., Ph.D.

To: International Commission on Radiological Protection

Subject: The Lifetime Whole-Body Cancer Dose is in serious need of revision.

The comments herein shall address the evaluation, for populations of mixed ages, both sexes, of the Whole-Body Cancer Dose, defined as the number of whole-body person-sieverts required to produce a single radiation-induced fatal cancer in the exposed population sample during its subsequent lifespan. We shall refer to this value as the Lifetime WBCD, to differentiate it from a value defined as the Maximum WBCD, which provides a corresponding answer for a limited duration of followup of an exposed population.

Prior Status

Over the past decade, several efforts have been made to derive the Lifetime WBCD from the existing epidemiological evidence. These estimates, several of which are tabulated below, cover an extremely wide range of values --- 37.3-fold from the lowest estimate to the highest:

<u>SOURCE</u>	<u>Lifetime WBCD</u> (in person-sieverts per excess fatal cancer)
UNSCEAR77 and 82	100
BEIR-3 (NAS80) (Calc. from Table V-4)	44.25
Gofman (Go81)	2.68
Radford (Ho85)	10

Because of leukemia's special time-parameter, such estimates exclude this form of cancer.

The ICRP has used values between those of UNSCEAR and BEIR-3. It is imperative that a resolution be made of the basis for the large range of estimates.

Recent Evidence

Preston and co-workers (Pr86) have recently provided an update of the cancer mortality findings in Hiroshima-Nagasaki for the period 1950-1982, within the T65DR dosimetry. This provides a larger data-base than was

available to those making the earlier WBCD estimates. I have made extensive analyses of the new data from Hiroshima-Nagasaki. Those estimates are in papers currently under peer review. The salient findings are presented here for the use of the ICRP. The detailed findings can be made available.

The findings of the recent analysis. Presented below are the major findings of the new analysis. The analysis is based upon the division of the population into three groups, for low-exposure doses, moderate-exposure doses, and high-exposure doses. Those groups are as follows:

- Low-exposure group: Doses in Preston's "10-49 rad" group.
- Moderate-exposure group: Doses in Preston's combined "10-99" group.
- High-exposure group: Doses in Preston's combined "100-400+" group.
- The reference group for comparison will be designated as "BASE", which includes the combined NIC, "0", and "1-9" Preston's classes.

Results

The results will be given as Maximum WBCD, which includes only the cancer deaths which have occurred by 1982. All radiation-induced cancer deaths beyond that time must necessarily reduce the WBCD values. Then the results will also be presented as Lifetime WBCD, which includes a forward projection of cancer deaths yet to come in the approximately 2/3 of the exposed population still alive in 1982. The forward projection assumes that the ratio: cancer in exposed class to cancer in reference class is the same as for the period 1950-1982, a reasonable forward projection.

Maximum WBCD (in person-sieverts)

<u>Basis</u>	<u>Maximum WBCD with 90% Confidence-limits</u>		
	<u>Exposure Group Comparison</u>		
	<u>"10-49" vs. BASE</u>	<u>"10-99" vs. Base</u>	<u>"100+ vs. BASE</u>
Full neutron component with RBE = 1.0			
Maximum WBCD	12.57	17.29	47.04
90% Confidence-limits	8.50 and 24.15	12.41 and 28.54	37.44 and 63.23
Full neutron component with RBE = 10.0			
Maximum WBCD	22.58	30.18	83.66
90% Confidence-limits	15.27 and 43.38	21.65 and 49.81	66.60 and 112.47

Lifetime WBCD (in person-sieverts)

<u>Basis</u>	<u>Lifetime WBCD with 90% Confidence-limits</u>		
	Exposure group Comparison		
	<u>"10-49" vs. BASE</u>	<u>"10-99" vs. BASE</u>	<u>"100+ vs. BASE</u>
Full neutron component with RBE = 1.0			
Lifetime WBCD	3.80	5.22	14.20
90% Confidence-limits	3.06 and 4.99	4.36 and 6.50	12.63 and 16.22
Full neutron component with RBE = 10.0			
Lifetime WBCD	6.82	9.11	25.26
90% Confidence-limits	5.50 and 8.97	7.61 and 11.35	22.46 and 28.85

Comments on the values. The health protection issue is overwhelmingly associated with low-dose radiation exposure. Hence the values above for WBCD in the first column are the most relevant for health protection considerations.

The T65DR Dosimetry and the "New" Forthcoming Dosimetry

Everyone in this field is aware that a revision of dosimetry is in progress, with one major finding being a marked reduction in the neutron dose for Hiroshima. Those revisions in dose will be of interest, but they are also subject to a serious violation of scientific principles of epidemiological studies.

When an epidemiological study is conducted, it is imperative that the variables studied be "set in concrete" before any of the follow-up results are in hand. It is not a question of purposeful bias that is at issue; rather it is the inevitable possibility that a bias may come in. This is why statisticians demand that decisions concerning variables be made before the follow-up results are available.

A proper approach to this problem will be to continue reports on the Hiroshima-Nagasaki follow-up findings both in the T65DR and in the "New" dosimetry. Scientists should necessarily be skeptical of differences in major findings which arise through dosimetry revisions. This will be especially true of any findings which relate to the shape of the dose-response curve.

Conclusions

1. The most appropriate results for health protection issues are those for the low-dose comparison. Those results are as follows:

<u>Maximum WBCD</u>	<u>RBE= 1.0</u>	<u>RBE = 10.0</u>
(person-sieverts)	12.57	22.58
<u>Lifetime WBCD</u>		
(person-sieverts)	3.80	6.82

2. It is the Lifetime WBCD which is most important. The Maximum WBCD is based upon what is already "in the box". All additional radiation-induced cancer deaths can only lower the WBCD values. Therefore, for health protection purposes, the values 3.80 and 6.82 person-sieverts for the Lifetime WBCD values are most relevant.

3. Since current thinking suggests that the neutron component will be reduced by about a factor of 10 in the Hiroshima exposure, we can use as the most reasonable approximation that a conservative value would be based (in "New" dosimetry) upon the use of a value for RBE of RBE = 1.0, together with the T65DR neutron component. This is so because a reduction in neutron component by a factor of 10 and the use of RBE = 10.0 would give the same result.

This would suggest that 3.80 person-sieverts per fatal cancer as the best central estimate for the Lifetime WBCD.

4. These estimates are likely still to be conservative since Preston and co-workers (Pr86) state "there is virtually no difference in the dose response for the two cities" and " relative and absolute excess risk estimates based on the new exposure dose are expected to be about one and a half times the corresponding T65DR risk estimates".

5. The far more serious cancer risk in the low-dose exposure class and moderate exposure class do not support the widely-held notion that cancer risk per unit dose goes down with decreasing dose. The evidence indicates the opposite, in distinct contradiction to the BEIR-3 "preference" for a linear-quadratic model with a positive coefficient for the quadratic term.

6. Current estimates of Lifetime WBCD values in excess of 40 person-sieverts per fatal cancer are at least of the order of 10 times too high.

References

Go81 Gofman J.W., 1981, Radiation and Human Health (San Francisco, CA: Sierra Club Books).

Ho85 Hoffman D.A. and Radford E.P., 1985, A Review of the Carcinogenic Effects of Low Doses of Ionizing Radiation , p.124 (Philadelphia, PA 19103: Three Mile Island Public Health Fund, 1622 Locust Street).

NAS80 National Academy of Sciences, 1980, The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiations (Washington, DC: National Academy Press).

Pr86 Preston D.L., Kato H., Kopecky K.J., and Fujita S., 1986, Life Span Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality among A-bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982, RERF Technical Report 1-86 (Hiroshima City 732, Japan: Radiation Effects Research Foundation).

UNSCEAR77 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1977, Sources and Effects of Ionizing Radiation (New York, NY: United Nations).

UNSCEAR82 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects (New York, NY: United Nations).

SIDE-EFFECTS FROM IONIZING RADIATION: ADVANCES IN ASSESSING THE
RATE OF MALIGNANCIES PER UNIT OF DOSE

John W. Gofman, M.D., Ph.D., Professor Emeritus of Medical Physics,
102 Donner Lab, Univ. of California, Berkeley, CA 94720;
Lecturer in the Dept. of Medicine, Univ. of Calif., San Francisco.

1. • INTRODUCTION

Low-LET Radiations and Malignancies: In both internal medicine and in occupational medicine, the ionizing radiations of prime concern are the low linear-energy-transfer radiations (low-LET radiations). These include X-radiation, gamma-radiation, and the beta-particles emitted from a host of radionuclides used in nuclear medicine. We shall limit our discussion to the two main and delayed effects of exposure to such radiations, namely radiation-induced cancer and leukemia.

Dose-Units: The three dose-units commonly used in human exposures are the roentgen, rad, and rem. The roentgen refers to the energy in an X-ray beam measured at the surface of the body just before the beam enters the body. Inside the body, the traveling beam becomes weaker and weaker because internal organs are absorbing its energy. When the beam comes out the patient's opposite side, it carries only a few percent of its original energy. Energy deposited in body tissue is called an absorbed dose, and is expressed in rads or rems. For low-LET radiations, rads and rems are interchangeable units. One rad represents the deposition of 100 ergs of energy per gram of tissue.* When rads are used instead of roentgens to express an entrance dose, they refer to energy absorbed by the surface of the skin.

Current Controversies: There are some controversies in this field which every physician who orders either diagnostic or therapeutic radiation, or who practices occupational medicine, needs to recognize. I shall discuss the "hottest" current issues before we end. First, however, I plan to provide some practical information which is helpful in making everyday judgments about medical irradiation and occupational exposures. Such information is tied closely to three generalizations, which I will state in a moment.

* The Gray represents 100 rads; the Sievert represents 100 rems.
These are recently introduced units.

2. • THREE GENERALIZATIONS

In 1969, Gofman and Tamplin (Go69) presented three generalizations concerning radiation carcinogenesis in humans; their basis was the human epidemiologic evidence available at that time. The additional human data which have accumulated over the following 17 years continue to confirm the generalizations' validity. Today, almost no one in this field disputes the first and third ones. Concerning the second one, there is still a relative shortage of data, so it is not yet fully part of "mainstream" doctrine. The three generalizations are as follows:

First Generalization: "All forms of cancer, in all probability, can be increased by ionizing radiation, and the correct way to describe the phenomenon is either in terms of the dose required to double the spontaneous mortality rate for each cancer, or alternatively, of the (percent) increase in mortality rate of such cancers per rad of exposure."

Second Generalization: "All forms of cancer show closely similar doubling doses and closely similar percentage increases in cancer mortality per rad (at a given age at exposure)."

Third Generalization: "Youthful subjects require less radiation to increase the (cancer) mortality rate by a specified fraction than do adults."

Practical Results: These generalizations have made it possible to combine the worldwide epidemiologic evidence in a valid manner and to arrive at quantified risk-estimates for radiation-induced cancer. The hazard depends not only on the size of the dose, but on age at exposure and the frequency of spontaneous cancer. The chance of inducing cancer is highest when organs with high spontaneous rates (for instance breast, colon) are irradiated in youthful subjects.

Now it is time to present my own estimates of cancer risk from radiation (Go81), and then also to present estimates made by others.

3. • WHOLE-BODY RADIATION EXPOSURE

It is helpful to start with assessing the cancer consequences from uniform exposure of the whole body by radiation, before considering the lesser risks from exposing only part of the body. Presented in Table 1 are three types of information on whole-body exposure.

Whole-Body Cancer Doses By Age-Groups (Table 1, Column 2): The Cancer Dose is expressed in "person-rads," a unit which represents the

Illustrative Use Of Cancer Dose: Suppose we have a mixed-age population of 1,000,000 persons each exposed to 1 rad of whole-body radiation, on the average. How many fatal cancers are produced?
1,000,000 person-rads / 268 person-rads per case = 3,731 fatal cancers.

Illustrative Use Of Percent Increase: For that same exposure, the corresponding percent increase in fatal cancers per rad is 2.163%. For a mixed U.S. population, we expect 17.25% to die of cancer, so for 1,000,000 persons, we expect 172,500 spontaneous fatal cancers. Radiation-induced cases = $(0.02163) \times (172,500) = 3,731$ fatal cancers, the same result obtained by using the Cancer Dose above.

Leukemia Induction By Ionizing Radiation: The human evidence is very solid for leukemia induction by ionizing radiation, as it is for cancer induction. But for leukemia, a variation in risk according to age at exposure is less certain. Our best estimate is that the Whole-Body Leukemia Dose is in the neighborhood of 6,000 to 7,000 whole-body marrow-rads per leukemia, regardless of age at exposure (Go87).

4. ● PARTIAL-BODY RADIATION EXPOSURE

Medical Procedures: In many settings, particularly the medical and dental use of X-rays and the internal administration of radio-nuclides in nuclear medicine, we are dealing with partial-body exposure. It is expected, of course, that partial-body radiation must yield fewer cancers per rad than does whole-body radiation, since many of the sites susceptible to cancer induction receive no dose at all, or exceedingly small doses from radiation scatter. Indeed, risk is lower.

How To Evaluate Risk: A simple rule converts the Whole-Body Cancer Dose into the appropriate Specific-Organ Cancer Dose. The cancer risk for a single exposed organ is the Whole-Body Cancer Dose by age-sex class, divided by the fraction of all spontaneous fatal cancers in that sex accounted for by cancers of that single organ.

Breast Cancer As an Illustration: Breast cancer accounts for 0.2 of the cancer death-rate in women. For 25-year-old women, the Whole-Body Cancer Dose is 252 person-rads. It follows from the rule that the Breast Cancer Dose at that age is $252 / 0.2$, or 1,260 breast-rads (absorbed dose by each of two breasts) per fatal radiation-induced breast cancer. Thus the individual risk for a woman receiving a dose

of 3 breast-rads at age 25 is 3 per 1,260, or 1 chance in 420. The rate for every group of 420 such women is 1 fatal radiation-induced breast cancer per group, plus 1 non-fatal case.

Variation In Risk From Diagnostic X-Ray Exams (Tables 3A and 3B):

The rates of radiation-induced cancer from common X-ray procedures, including CAT scans and mammography, have recently been evaluated by Gofman and O'Connor (Go85) in "cold dope" tables. These tables, of which Table 3A is a sample, are derived directly from the principles I have been explaining. The cancer risks from the lumbo-sacral spine exam do not come from bone cancer, which has a very low spontaneous rate. The risk-rates in Table 3A represent the combined risks from the stomach, bladder, large intestine, kidney, pancreas, rectum, prostate, uterus, and ovaries --- all of which develop an increased risk of cancer due to the radiation doses they receive during such an exam.

Table 3B, which summarizes results from ten such tables, shows that some examinations are characterized by very low cancer risks, particularly exams of the limbs and all exams in persons over 50 years of age at the time of exposure. Of course, the youngest have the highest risk from any particular X-ray exam.

Tables 3A and 3B are based on typical doses at institutes nationwide, as surveyed by the FDA. Such surveys also establish that some institutions achieve perfectly good X-ray films with doses 10, 20, and even 50 times lower than the doses given at other institutions. The facilities giving the excessive doses and unnecessary cancer-risks seldom know they are doing so. Most often, they have been depending on calculating their doses from manuals instead of actually measuring them. Measurements are far more reliable, and not expensive.

Facilities which measure their doses on a frequent schedule are able to recognize an overdose problem and to take corrective action. Some facilities achieve a 3-fold reduction in dose and risk just by better care in processing their films, a 6-fold reduction by careful choices in film-screen combinations, a 2-fold reduction by careful choice of filters (Ta83).

At the Mayo Clinic, Dr. Joel Gray and co-workers have developed techniques which achieve over a 50-fold reduction in dose to the breasts

from the upper spinal X-rays so often used during treatment of scoliosis (Gr83). Says Dr. Gray about facilities which won't tell you the doses they give: "My feeling is that if they won't tell you, they don't know, and if they don't know, they could be among the facilities delivering a hundred times the necessary dose" (Gr84).

The Benefits of X-Rays With One-Third the Risk: A conservative estimate by Dr. Kenneth Taylor, a real expert in dose-reduction, is that it would be easy to achieve a 3-fold reduction in average X-ray doses without any loss of image-quality (Ta79). A conservative estimate by myself and Ms. O'Connor (Go85) is that a 3-fold reduction in average X-ray doses would prevent 50,000 cases of cancer every year in the United States --- without anyone foregoing a single X-ray exam or its benefits. Aside from cessation of smoking, I have not seen evidence for any single cancer-prevention measure which would be as certain to work, and as simple, as avoiding X-ray facilities which are careless about their diagnostic doses.

5. • CURRENT ISSUE: DISPARITY IN RISK-ESTIMATES

Although diagnostic X-rays have been one of the most widely used procedures in medicine for decades, the cancer-risk per rad of dose remained virtually unquantified until 1969. The early attempts to quantify it (Go69, Go70a, Go70b, Go71) brought forth massive resistance and finally a report in 1972 from the BEIR-1 Committee (Beir72) under the umbrella of the National Academy of Sciences. Subsequently, there have been many committees, many estimates. The two most commonly cited committees are the United Nations' UNSCEAR and BEIR-3, which was chaired by Dr. Edward Radford in 1980.

Currently there is significant disparity in risk-estimates, as reflected in estimates of the Whole-Body Cancer Dose for populations of mixed ages:

<u>Year</u>	<u>Source</u>	<u>Whole-Body Cancer Dose In Person-Rads</u>	
1977	UNSCEAR Committee	10,000	(Un77)
1980	BEIR-3 Committee, Table V-4	4,400	(Beir80)
1981	Gofman, independent estimate	268	(Go81)
1982	UNSCEAR Committee	10,000	(Un82)
1985	Radford, independent estimate	1,000	(Ra85)
1987	Gofman, independent estimate, based on new human data (Pr86)	254	(Go87)

Obviously, some of the estimates must be very seriously in error and hence useless in medicine.

UNSCEAR, in its 1986 report (Un86), neither affirms nor repudiates its value of 10,000; it just offers no value at all, now. This omission suggests that the committee may be wishing to discard its value of 10,000 because the number simply bears no resemblance to the existing evidence.

BEIR-3's value of 4,400 is considered by its own chairman, Dr. Edward Radford, to be a 4.4-fold underestimate of cancer-risk (Ra85).

My own estimate in 1981 was based exclusively and directly on human epidemiology from over 20 separate series of exposed humans. Unlike the BEIR-3 Committee, I do not invoke in-vitro cell data, radiobiological hypotheses about what epidemiology ought to show, animal data, or elaborate mathematical manipulations of the observations. I try to let the actual observations of exposed and unexposed humans tell their own story.

In 1986, Preston and co-workers (Pr86) provided four years of additional data from the continuing follow-up of the atomic-bomb survivors of Hiroshima-Nagasaki. This series includes not only some high doses, but far more important, it includes nearly 29,000 persons who received an average absorbed gamma dose of only 1.27 rad, and another 15,000 persons who received an average of only 9.36 rads. These dose-levels are of direct relevance to medical practice. The suggestion that no human evidence exists for radiation-induced cancer below a dose of 50 rads (Br83) is pure misinformation.

Since the Hiroshima-Nagasaki series is the human study most favored by UNSCEAR and BEIR-3, I was eager to analyze the Preston data by themselves, unmixed with data from other series. The resulting Whole-Body Cancer Dose, based on the groups receiving the least exposure, is 254 person-rads per fatal radiation-induced cancer (Go87). This confirmation of my 1981 estimate, with the confirmation based on a de novo analysis of new and separate data, is a good reason for assuring you that the correct Whole-Body Cancer Dose for low-dose exposures is less than 300 person-rads per extra fatal cancer.

Our seminars are called "advances in internal medicine." Adoption

of correct risk-estimates for radiation-induced cancer will be an important advance, but seldom are advances made without tumult. In view of the new evidence reported by Preston, you should expect tumult on this issue before we meet again.

6. • CURRENT ISSUE: SOME HARMLESS DOSE-LEVEL?

For decades, it has been suggested that maybe low radiation doses are harmless with respect to inducing malignancies. We must take such an attractive notion seriously, and I have done so. The purported human evidence for some safe threshold-dose consists basically of comparisons of human cancer-rates in areas with high and low doses from natural radiation sources. I have carefully examined such comparisons (including Fr76), and have explained the nature of their serious flaws (Go81). The existing human evidence simply provides no support for any safe threshold-dose with respect to malignancies.

Instead, valid evidence against any harmless dose is already at hand. Analysis of five separate human studies (My69, Mo77, Bo77, St70, and Ba81 and 83) reveals that even the lowest possible dose-rate is producing radiation-induced cancers (Go86). Even at the minimum dose-rate --- which is the challenge by one primary ionization track to repair-mechanisms in the cell's nucleus --- repair fails to work perfectly. If repair worked perfectly, there would be no excess cancer observed from exposures at the minimum dose-rate per eight hours. But excess malignancies are observed in the five studies.

As this recent disproof of any safe dose enters circulation, there will be tumult, of course, since the hope for a safe threshold is sustained in prominent places (Ev86; Un86). Resistance may be fierce among those who propose "hormesis," the idea that maybe low doses of ionizing radiation help protect humans against malignancies (Lu80). But I expect that evidence will prevail over non-evidence and even over wishful thinking, in the end.

Lastly, I must mention the widely promoted notions that (A) cancer-risk from radiation is less if a given dose is delivered in small increments instead of all at one time, and (B) the risk per rad is less in the low-dose range than in the high-dose range (Beir80; Ev86, Nih85;

Un86). Regarding (A), the human evidence from breast-cancer studies indicates that risk is not reduced by dividing a big dose into smaller doses (My69; Bo77; Bo79; Ba81 and 83). Regarding (B), the evidence from Hiroshima-Nagasaki shows just the opposite; the cancer-risk per rad is actually higher in the low-dose range than in the high-dose range (Go81; Go87).

Denials of radiation's true hazard come in great variety, yet the evidence which refutes all of them is scientifically harmonious. For instance, when the evidence is that risk per rad is growing more severe as dose falls, it would be surprising if a further dose-decline suddenly met a safe threshold. Thus there is harmony in the actual evidence that even the minimum dose-rate of ionizing radiation does cause excess cancer.

As a physician, I could wish for a safe dose, but as a physician I know that patients are better off when we are realistic about the rate of deadly side-effects from anything we order, whether it is a surgery, a pharmaceutical, or an exposure to ionizing radiation.

-11-

TABLE 1

Whole-Body Cancer Doses, Percent Increases Per Rad (Lifetime), and Loss of Life Expectancy (For Those Dying Of Rad'n-Induced Cancer)

(1) Age (yrs) When Exposed	(2) Whole-Body Cancer Doses (person-rads per fatal cancer)	(3) Percent Increase In Cancer Fatality-Rate Per Rad	(4) Average Loss of Life Expectancy (years) For Those Dying Of Radiation-Induced Cancer
..... Males			
0	64	8.45	22.3
5	71	7.61	20.1
10	88	6.14	17.9
15	178	3.04	15.9
20	200	2.70	14.2
25	201	2.69	12.8
30	234	2.31	11.6
35	328	1.65	10.6
40	538	1.00	9.6
45	1233	0.44	8.7
50	13434	0.04	8.0
55 *	19590	0.03	7.1
..... Females			
0	68	9.19	28.9
5	80	7.81	26.3
10	104	6.01	23.6
15	217	2.88	21.0
20	249	2.51	18.6
25	252	2.48	16.6
30	285	2.19	14.8
35	399	1.57	13.0
40	636	0.98	11.5
45	1412	0.44	10.2
50	14615	0.04	9.3
55 *	20960	0.03	8.5

* Above age 55 years, no significant induction of fatal cancers by radiation has been proven within the epidemiologic evidence.

TABLE 2

Risk Per Individual of Fatal Cancer-Induction From One Rad Of Whole-Body Radiation

Age (yrs) When Exposed	Risk Per Individual, For Males	Risk Per Individual, For Females
0	1563 per 100,000; or 1 per 64	1471 per 100,000; or 1 per 68
5	1408 per 100,000; or 1 per 71	1250 per 100,000; or 1 per 80
10	1136 per 100,000; or 1 per 88	962 per 100,000; or 1 per 104
15	562 per 100,000; or 1 per 178	461 per 100,000; or 1 per 217
20	500 per 100,000; or 1 per 200	402 per 100,000; or 1 per 249
25	498 per 100,000; or 1 per 201	397 per 100,000; or 1 per 252
30	427 per 100,000; or 1 per 234	351 per 100,000; or 1 per 285
35	305 per 100,000; or 1 per 328	251 per 100,000; or 1 per 398
40	186 per 100,000; or 1 per 538	157 per 100,000; or 1 per 637
45	81 per 100,000; or 1 per 1234	71 per 100,000; or 1 per 1408
50	7.4 per 100,000; or 1 per 13500	7 per 100,000; or 1 per 14500
55	5 per 100,000; or 1 per 20000	4.8 per 100,000; or 1 per 21000

The individual risk of fatal cancer induction per rad is some 300 times higher for those receiving radiation at age 0 than it is at age 55.

TABLE 3A

AGE 20		CE: Common Exam		
LUMBO-SACRAL SPINE		Testes, dose CE: 40 mrad		
		Ovaries, dose CE: 543 mrad		
		Embryo, dose CE: 527 mrad		
Common Exam (CE): One AP, one LAT, and one OBL-PA (Total: 3 shots)				
Rate of future leukemia from Common Exam:				
	Males:	46 per million = 1 in 21,700		
	Females:	29 per million = 1 in 34,500		
Rate of future cancer from Common Exam:				
	Males:	3,402 per million = 1 in 294	(Smokers) (CE × 1.03)	
	Females:	2,970 per million = 1 in 337	(CE × 1.02)	

Per Shot	Ent Dose	Beam HVL	Male Cancer Risk	Female Cancer Risk
AP	0.911 R	2.4 mm Al	1,502 per million	1,204 per million
PA	1.952 R	2.4 mm Al	1,485 per million	1,319 per million
LAT	3.490 R	2.6 mm Al	926 per million	928 per million
OBL-PA	1.606 R	2.5 mm Al	974 per million	838 per million

mrad: millirad, 0.001 rad
R: roentgen, entrance dose
AP: beam travels from front to back
PA: beam travels from back to front
LAT: beam travels from side to side

TABLE 3B

Question : What is a person's lifetime chance of getting cancer as a result of having one of the following 10 common X-ray exams under common conditions?

- **Newborn Infant: Chest Exam (2 shots)**
Male: 1 chance in 3,500 Female: 1 chance in 1,800
- **Age 5: Lower Arm Exam (2 shots)**
Male: 1 chance in 300,000 Female: 1 chance in 350,000
- **Age 5: Angiocardiology (40 films plus 30 minutes fluoroscopy)**
Male: 1 chance in 120 Female: 1 chance in 80
- **Age 10: Full-Mouth Dental Exam (16 films)**
Male: 1 chance in 600 Female: 1 chance in 1,400
- **Age 15: Full-Mouth Dental Exam (16 films)**
Male: 1 chance in 900 Female: 1 chance in 2,400
- **Age 20: Full-Mouth Dental Exam (22 films)**
Male: 1 chance in 650 Female: 1 chance in 1,750
- **Age 20: Thoracic Spine Exam (2 films, wide)**
Male: 1 chance in 1,300 Female: 1 chance in 600
- **Age 35: Mammography (2 shots of each breast) by Xeroradiographic method**
Male: Not Applicable Female: 1 chance in 900 (breast cancer)
- **Age 40: Angiocardiology (40 films plus 30 minutes fluoroscopy)**
Male: 1 chance in 800 Female: 1 chance in 500
- **Age 55: Hip Exam (2 shots)**
Male: 1 chance in 210,000 Female: 1 chance in 190,000

* Table 3A is from page 135, and Table 3B is from page 4, of the book X-Rays: Health Effects of Common Exams, 1985 (Go85).

REFERENCES

- Ba81 Baverstock, K.F., Papworth, D., and Vennart, J. 1981, "Risk of Radiation At Low Dose Rates", Lancet i, 430-433.
- Ba83 Baverstock, K.F., and Vennart, J. 1983, "A Note On Radium Body Content and Breast Cancers in U.K. Radium Luminisers", Health Physics 44, Suppl. No. 1, 575-577.
- Beir72 (Advisory Committee on the) Biological Effects of Ionizing Radiation 1972; (Final Report); The Effects On Populations Of Exposure To Low Levels Of Ionizing Radiation; National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Beir80 (Advisory Committee on the) Biological Effects of Ionizing Radiation 1980; (Final Report); The Effects On Populations Of Exposure To Low Levels Of Ionizing Radiation; National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Bo77 Boice, J.D. Jr., and Monson, R.R. 1977, "Breast Cancer In Women After Repeated Fluoroscopic Examinations Of the Chest", Journal of the National Cancer Institute 59, 823-832.
- Bo79 Boice, J.D. Jr., Land, D.E., Shore, R.E., Norman, J.E., and Tokunaga, M. 1979, "Risk Of Breast Cancer Following Low-Dose Radiation Exposure", Radiology 131, 589-597.
- Br83 Brent, R.L. 1983, "Cancer Risks Following Diagnostic Radiation Exposure", Pediatrics 71, 288-89.
- Ev86 Evans, J.S., Wennberg, J.E., and McNeil, B.J. 1986, "The Influence Of Diagnostic Radiography On the Incidence of Breast Cancer and Leukemia", New England Journal of Medicine 315, 810-815.
- Fr76 Frigerio, N.A., and Stowe, R.S. 1976, "Carcinogenic and Genetic Hazard From Background Radiation", in Biological and Environmental Effects Of Low-Level Radiation, 385-393. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Go69 Gofman, J.W., and Tamplin, A.R. 1969, "Low Dose Radiation and Cancer", presentation at the 1969 Institute for Electrical and Electronic Engineers Nuclear Science Symposium, October 1969. Published in IEEE Transactions on Nuclear Science, Part I, Vol. NS-17, 1-9, February 1970.
- Go70a Gofman, J.W. and Tamplin, A.R. 1970. A series of eight scientific reports on radiation carcinogenesis prepared for the U.S. Congress, Joint Committee on Atomic Energy, and published by the JCAE; listed in the bibliography of Go81.
- Go70b Gofman, J.W. and Tamplin, A.R. 1970, "Fluoroscopic Radiation and Risk Of Primary Lung Cancer Following Pneumothorax Therapy Of Tuberculosis", Nature 227, 195-196.
- Go71 Gofman, J.W. and Tamplin, A.R. 1971, "Epidemiologic Studies Of Carcinogenesis By Ionizing Radiation", in Proceedings Of the Sixth Berkeley Symposium On Mathematical Statistics and Probability, 235-277. University of California Press, Berkeley.
- Go81 Gofman, J.W. 1981. Radiation and Human Health. Sierra Club Books, San Francisco.
- Go85 Gofman, J.W. and O'Connor, E. 1985. X-Rays: Health Effects Of Common Exams. Sierra Club Books, San Francisco.
- Go86 Gofman, J.W. 1986, "Assessing Chernobyl's Cancer Consequences: Application Of Four 'Laws' of Radiation Carcinogenesis", presentation at the 192nd National Meeting of the American Chemical Society, Symposium On Low-Level Radiation, September 9, 57 pages. Available from author.

- Go87 Gofman, J.W. 1987, "Response To the Nuclear Regulatory Commission Staff Analysis Regarding Health Effects Of Ionizing Radiation, Particularly With Respect To Issues Raised In the September 1986 Paper by Gofman", January, 23 pages. Available from author.
- Gr83 Gray, J.E., Hoffman, A.D., Peterson, H.A. 1983, "Reduction Of Radiation Exposure During Radiography For Scoliosis", Journal of Bone and Joint Surgery 65-A, 5-12.
- Gr84 Gray, J.E., in "Everyday Radiation" by Elisabeth Rosenthal, Science Digest, March 1984.
- Lu80 Luckey, T.D. 1980. Hormesis With Ionizing Radiation. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mo77 Modan, B., Ron, E., and Werner, A. 1977, "Thyroid Cancer Following Scalp Irradiation", Radiology 123, 741-744.
- My69 Myrden, J.A., and Hiltz, J.E. 1969, "Breast Cancer Following Multiple Fluoroscopies During Artificial Pneumothorax Treatment Of Pulmonary Tuberculosis", Canadian Med. Assoc. Journal 100, 1032-34.
- Nih85 National Institutes of Health Ad Hoc Working Group To Develop Radioepidemiologic Tables, January 4, 1985, Report, NIH Publication number 85-2748, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C. 20402.
- Pr86 Preston, D.L., Kato, H., Kopecky, K.J., and Fujita, S. 1986. Life Span Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors In Hiroshima and Nagasaki, 1950-82. Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima City 732, Japan, RERF Technical Report 1-86 (in press).
- Ra85 Radford, E.P. and Hoffman, D.A., April 1985. A Review Of the Carcinogenic Effects Of Low Doses Of Ionizing Radiation. Three Mile Island Public Health Fund, Philadelphia, PA.
- St70 Stewart, A.M., and Kneale, G.W. 1970, "Radiation Dose Effects In Relation To Obstetric X-Rays and Childhood Cancers", Lancet i, 1185-88.
- Ta79 Taylor, K.W., Patt, N.L., and Johns, H.E. 1979, "Variations In X-Ray Exposures To Patients", Journal of the Canadian Assoc. of Radiologists 30, 6-11.
- Ta83 Taylor, K.W., 1983. "Diagnostic Radiology", chapter 16 in The Physics of Radiology, Fourth Edition (Johns, H.E. and Cunningham, J.R.) C.C. Thomas, Springfield.
- Un77 United Nations Scientific Committee On the Effects Of Atomic Radiation, 1977. Sources and Effects Of Ionizing Radiation. United Nations, New York.
- Un82 UNSCEAR 1982. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations, New York.
- Un86 UNSCEAR 1986. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations, New York.

2. LA CONTAMINACIÓ RADIOACTIVA DEL MEDI AMBIENT

A FRANÇA: dos anys de mesures independents.

Michèle Rivasi

Commission Régionale Indépendante d'Information
sur la Radioactivité - CRII Rad.

Une évaluation plus précise peut alors être réalisée sur le terrain à l'aide de spectromètres portables qui enregistrent directement les rayonnements émis par le sol. Cette méthodologie a été utilisée en Suède.

B. Evaluation indirecte

Connaissant par spectrométrie la quantité de Césium présent dans de l'herbe ou du fourrage, on peut calculer indirectement, au moyen de coefficients de transfert, le dépôt initial de particules radioactives sur le sol.

$$D = \frac{M}{r/p}$$

D - dépôt initial de radioactivité au sol
M - contamination du fourrage (en Bq/Kg)
r - facteur d'interception (0,3)
p - densité de l'herbe (1 Kg/m²)

Ex. D = $\frac{10\ 000}{0,3/1} = 33\ 300\ \text{Bq/m}^2$

Source : NRPB DL 10 p.15

L'utilisation d'indicateurs de radioactivité, produits qui ont la particularité de concentrer la radioactivité, comme le thym, a permis de contrôler, et de confirmer les résultats obtenus.

CONCLUSIONS

1. La cohérence des résultats obtenus à partir des différents procédés a permis de confirmer leur validité

Sur un site particulier (prairie), les carottages effectués par la CRII-RAD indiquent une contamination de 33 000 Bq/m² en Césium 134 et 137.

Un fourrage mesuré à 10 000 Bq/Kg donne, après calcul, un dépôt de 33 300 Bq/m².

Il y a donc une bonne correspondance entre l'évaluation directe par carottage et l'évaluation indirecte.

La quantification de l'activité surfacique dans des secteurs très variés confirme aussi la grande hétérogénéité des dépôts que nous avons mis en évidence dans un premier temps à travers nos cartes de corrélation trajectoires/pluviométrie.

2. Les problèmes posés par l'évaluation officielle

- l'utilisation de moyennes nationales ou même régionales est tout à fait inadaptée à la réalité de la contamination. Ce procédé est dangereux pour les populations car il gomme les secteurs à risque.

- les chiffres diffusés par le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants s'efforcent de minorer la contamination :

La carte fournie par la Communauté Européenne sur les dépôts en Césium dans chacun des états a été construite en fonction des chiffres communiqués par les services officiels des différents pays. Ces chiffres ne sont pas conformes, du moins pour la France, aux valeurs mesurées par le laboratoire de la CRII-RAD.

en effet d'après cette carte, la France devrait être classée en catégories 2 et 3, avec des moyennes de 1 000 à 10 000 Bq/m². Alors que les différentes évaluations de la CRII-RAD, confirmées par celle du CEA de Cadarache, montrent des valeurs pouvant aller de 1 000 jusqu'à 64 000 Bq/m².

- la complexité des problèmes posés par la contamination d'un territoire montre l'utilité de système de détection en continu réparti SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE, et non pas seulement sur les sites nucléaires.

- le caractère partiel et partial des informations officielles a permis de prendre conscience de la nécessité de laboratoires décentralisés et indépendants, équipés de spectromètres et d'un personnel dégagé de tout lien avec le lobby nucléaire : l'information de la population est en jeu.

II. CONTAMINATION DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

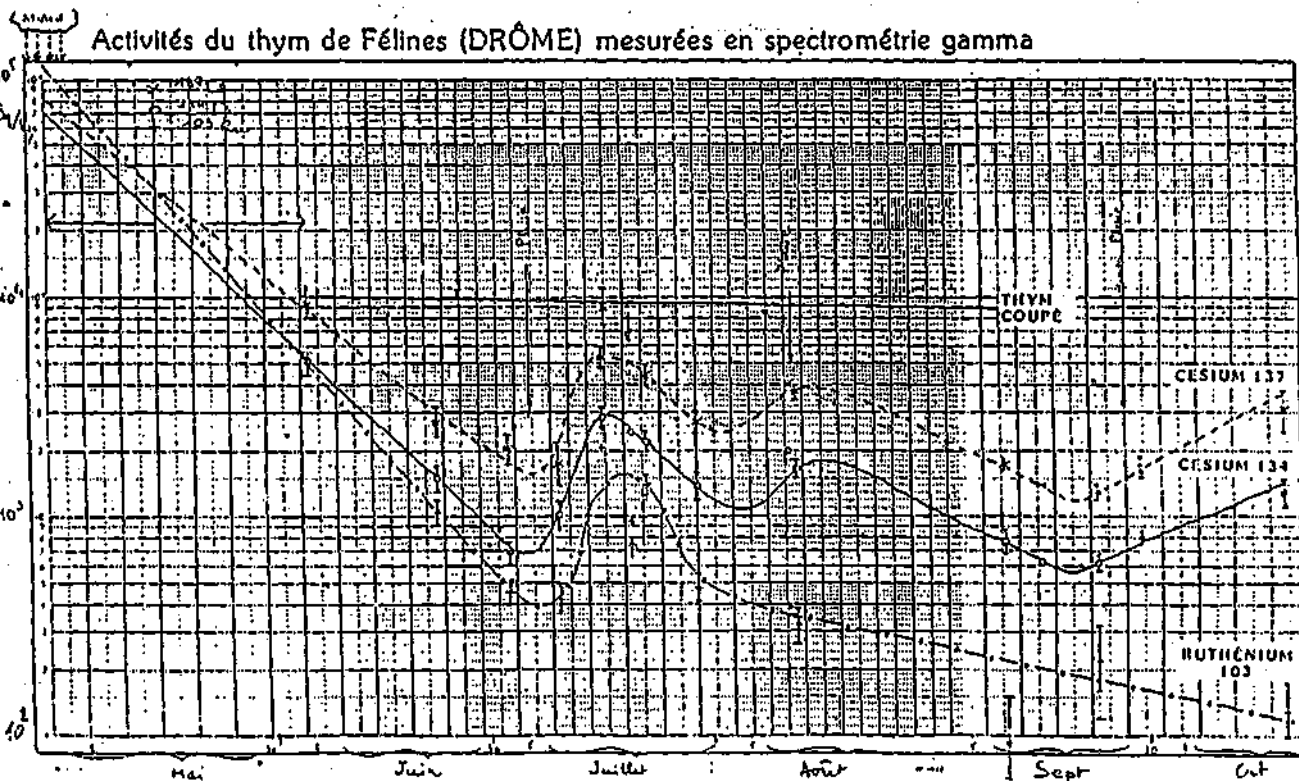
A. RECHERCHE D'INDICATEURS DE RADIOACTIVITÉ

Le monde végétal est un monde complexe et varié dont les divers embranchements recèlent des particularités insoupçonnées. Bien avant Tchernobyl, on connaissait déjà des indicateurs de radioactivité, ainsi le lichen ou certaines mousses qui ont la propriété de capter les particules radioactives présentes dans l'air.

L'apport de la CRII-RAD fut de remarquer le comportement particulier de certaines plantes aromatiques, et notamment du thym (cf. dossier CRI du RAD n°4) vis-à-vis des particules radioactives.

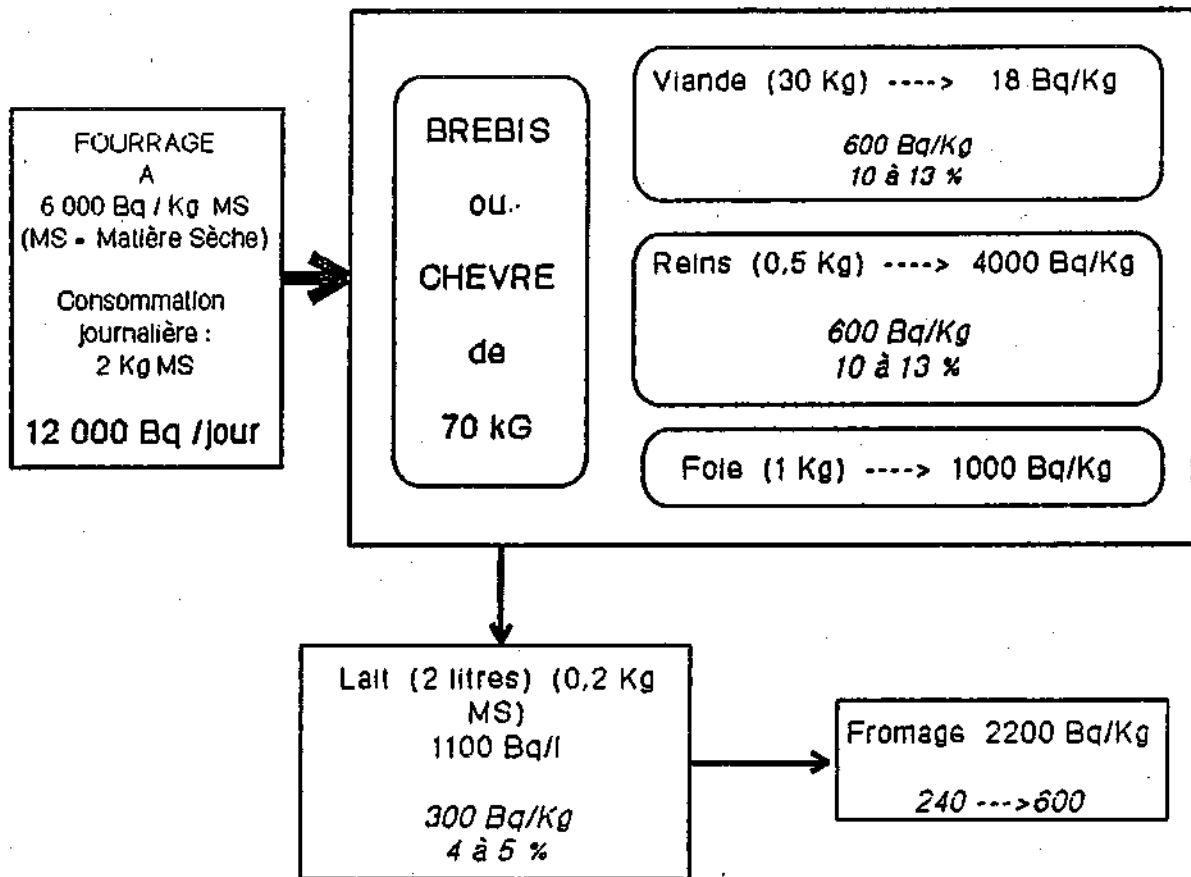
En effet le thym capte par ses "feuilles" les particules radioactives présentes dans l'air. Cette contamination directe par dépôt foliaire permet le passage de ces particules à l'intérieur du végétal (phénomène de translocation).

Nous avons suivi, depuis juin 86, la dynamique de la contamination du thym dans le temps. Des échantillons ont été régulièrement prélevés au même endroit et analysés.

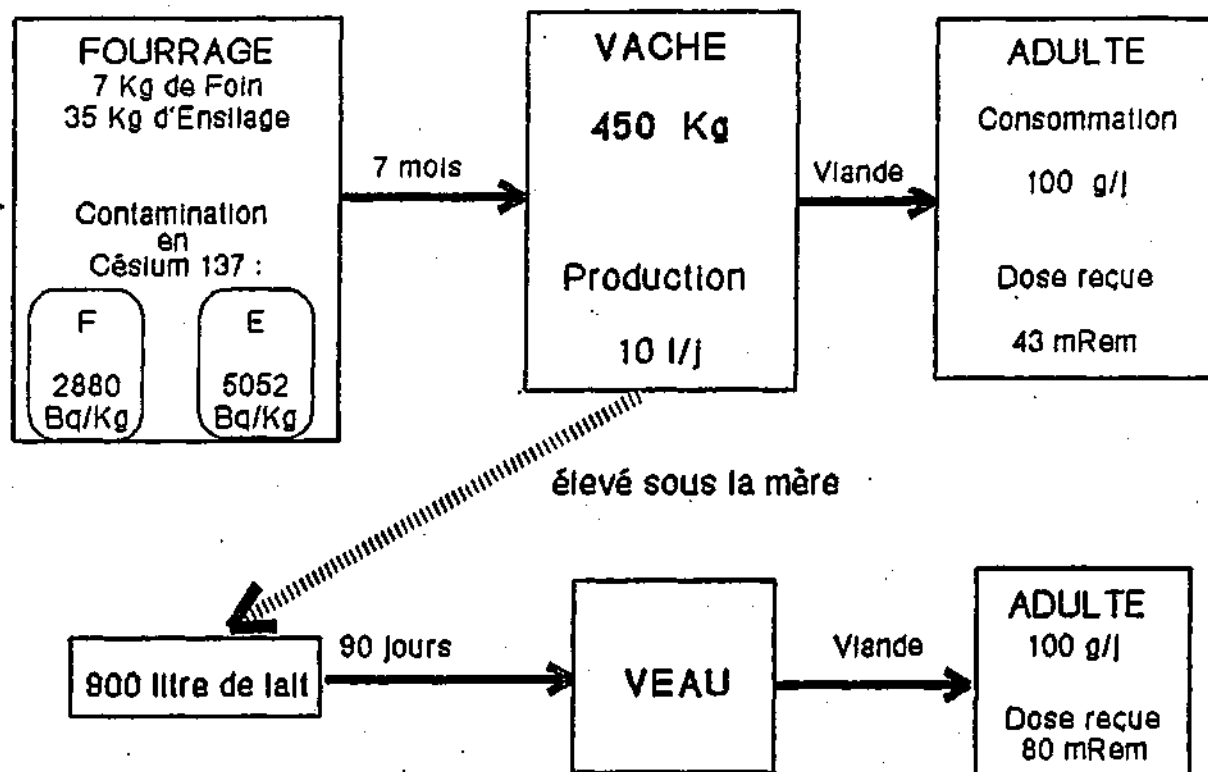


OVINS - CAPRINS contamination en césium radioactif

COEFFICIENTS DE TRANSFERT
POUR UNE CONSOMMATION PERMANENTE DE FOURRAGE A 6000 BQ/KG MS



CONSOMMATION DE VIANDE CONTAMINEE

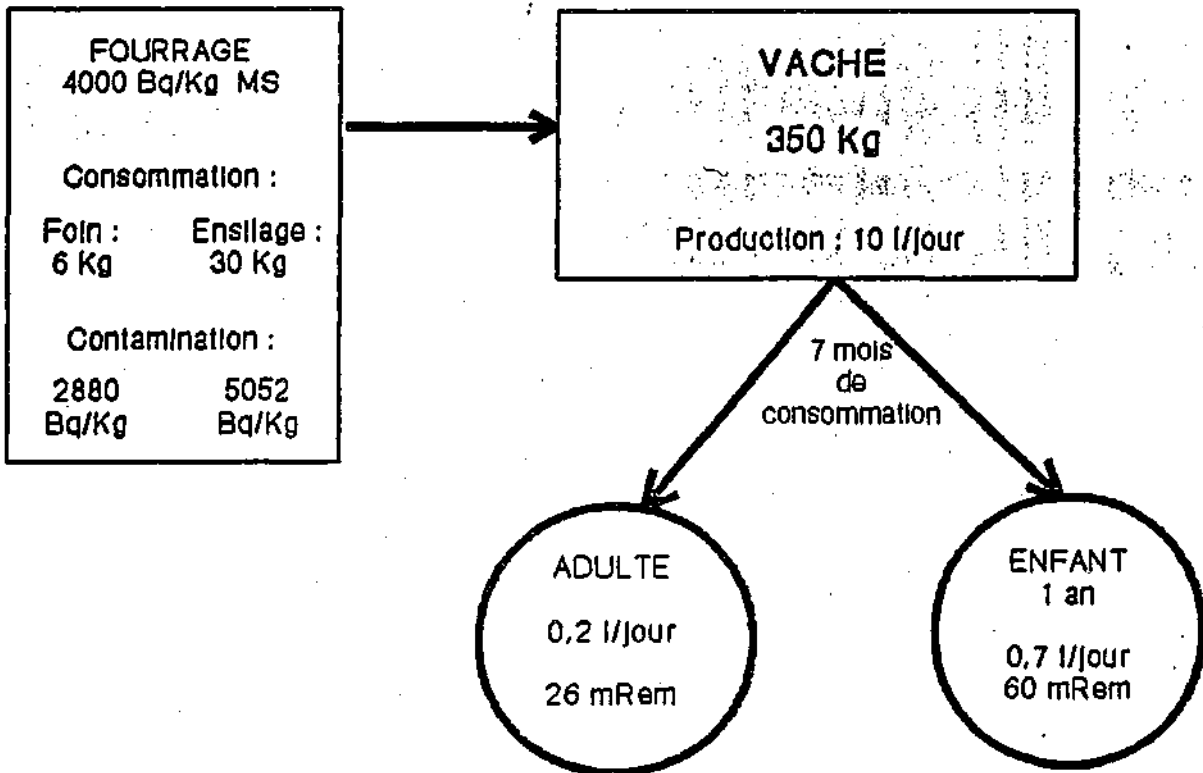


Les calculs d'équivalent de dose ont été effectués par la CEA de Fontenay-aux-Roses (IPSN) à partir des mesures de la GR11-RAD sur le foin et l'ensilage.

Les calculs d'équivalent de dose pour les enfants et les adultes montrent :

- les populations qui habitent des régions contaminées sont exposées à des doses importantes si aucune mesure n'est prise. Ceci est en complète contradiction avec les recommandations de la CIPR.
- l'autoconsommation pratiquée par les populations rurales augmente considérablement leur risque d'exposition. Elles doivent donc faire l'objet d'une attention particulière de la part des responsables

CONSOMMATION DE LAIT CONTAMINE EN CESIUM



Il est important de bien distinguer IRRADIATION EXTERNE et CONTAMINATION.

IV. QUESTIONS A PROPOS DES REJETS DES CENTRALES NUCLEAIRES

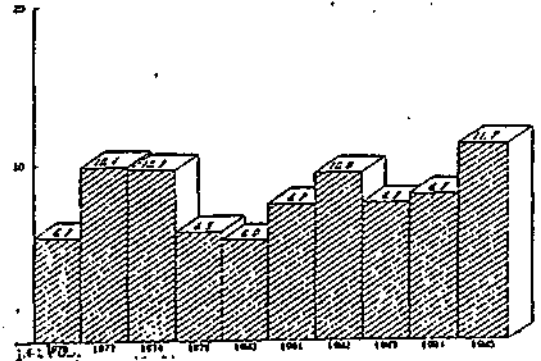
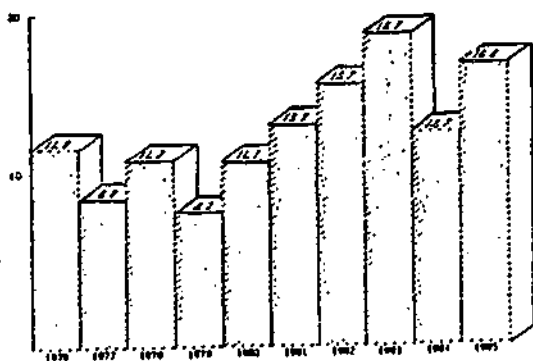
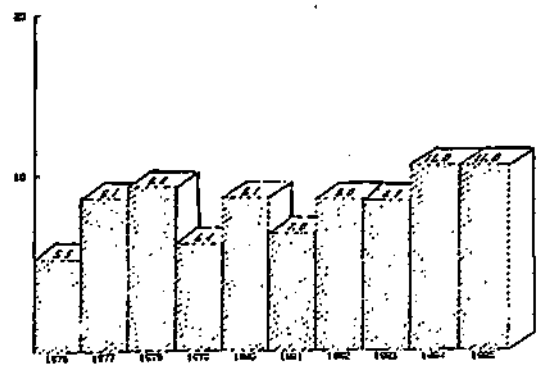
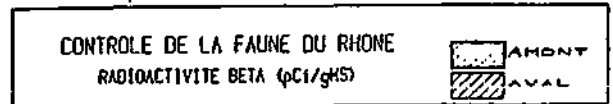
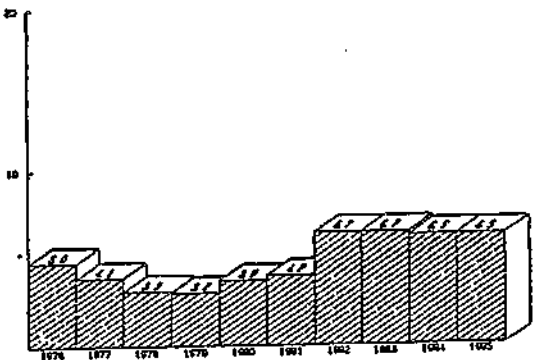
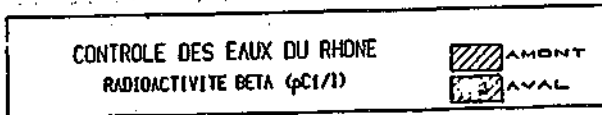
1 / Les rejets sont soumis à un décret d'autorisation qui intervient à l'issue d'une enquête publique dans laquelle doit figurer l'étude du POINT 0 RADIOLOGIQUE. Il s'agit d'établir un point de référence sur l'environnement.

Ne serait-il pas souhaitable de doubler cette étude par une étude d'impact portant sur la population avoisinante : cette étude de morbidité pourrait servir de référence pour toute étude épidémiologique ultérieure.

2 / Les études d'impact sont réalisées par le SCPRI. Celui-ci n'a jamais publié l'intégralité de ses mesures, seuls nous parviennent des résultats partiels, et donc inexploitable.

La publication par région de TOUTES les mesures effectuées permettrait d'apprécier les rejets liquides et gazeux de la centrale concernée et de repérer d'éventuels phénomènes de reconcentration dans la chaîne alimentaire.

Exemple de phénomène de reconcentration
dans la flore, la faune et les sédiments en aval de Marcoule



Quelle valeur peut-on reconnaître à ces normes de rejet
dès lors que ces graphiques mettent en évidence
une augmentation significative de la contamination de la chaîne alimentaire?
(document du service de Protection contre les rayonnements) Année 1985

3 / Seules des mesures contradictoires garantiront l'objectivité de l'étude et établiront la crédibilité des résultats obtenus.

Mais c'est à la population et aux élus de prendre leurs responsabilités et de confier à des laboratoires indépendants la réalisation de contre-expertises.

V. SPECIFICITE DU MONDE AGRICOLE

A. PRODUCTIONS LOCALES ET CONTAMINATION

Les agriculteurs constituent le groupe professionnel le plus exposé, celui qui subira le plus durement les conséquences d'une contamination. En cas de contamination, toute une région peut être rendue impropre à la culture et ce, pour de nombreuses années.

cf Tchernobyl producteurs de thym et d'agneau

B. PROBLEME ECONOMIQUE

Les risques qui pèsent sur le monde agricole sont d'autant plus lourds que dans la législation française, la pollution radioactive n'est pas considérée comme une calamité agricole et ne peut donc donner lieu à une quelconque indemnisation. Tchernobyl a bien mis en lumière la singularité de la position française en ce domaine.

C. NOTION DE GROUPE CRITIQUE

Les agriculteurs, et plus encore leurs enfants, constituent un groupe particulièrement exposé. En cas de contamination, leurs habitudes alimentaires (autoconsommation) ou leur mode de vie (par ex. stockage et manipulation de grande quantités de foin contaminé qui constituent de véritables sources radioactives) les prédisposent à recevoir des doses beaucoup plus importantes que le reste de la population dont l'alimentation sera beaucoup plus diversifiée. (ce problème a été traité par le Docteur Fauconnier dans le N° 6 du CRI du RAD).

D. DIMENSION PSYCHOLOGIQUE DU PROBLEME

En matière de radioactivité, les réactions des consommateurs relèvent pour une large part de comportements irrationnels, si bien que le moindre soupçon de contamination, même sans fondement, peut déclencher le boycott de tous les produits de la région incriminée.

Il est important que les agriculteurs connaissent cet aspect du problème avant l'implantation d'une centrale près de chez eux et qu'ils effectuent leur choix en toute connaissance de cause.

(cf Coteaux du Tricastin)

PLUVIOMÉTRIE ET TRAJECTOIRES DU NUAGE

(entre le 1^{er} et le 5 mai 1986)

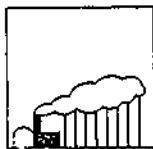
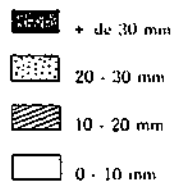
"Les particules émises le 27 vers 0h TU ont atteint l'est de la France le 30 en milieu de journée, puis toute la moitié nord du pays ; celles émises le 27 dans la journée ont suivi une trajectoire plus sud, atteignant le sud-est le 1^{er} mai, puis se sont évacuées vers le nord, ne quittant totalement la France que le 5".
B. Strauss et J.-M. Gros. Direction de la Météorologie Nationale.
Information sur l'accident de Tchernobyl. Déc. 1986

Particules émises de Tchernobyl
le 27/4/86 vers 0h TU.

A la limite du panache (pointillés), les concentrations
ne sont plus que le 1/10^e de celles sur l'axe de la trajectoire

Particules émises
de Tchernobyl le 27/04/86
vers 12h TU

2-11



Plus il y a de pluie, plus le dépôt de particules radioactives a été important. Toutefois d'autres paramètres comme les brouillards ou la topographie du terrain peuvent intervenir

3. L'IMPACTE SOBRE LA SALUT DE L'ACCIDENT DE
TXERNÒBIL SOBRE LA POBLACIÓ DE L'ALEMANYA OCCIDENTAL.

Mario Schmidt
Institute for Energy and Environmental Research-IFEU

The Health Impact of the Chernobyl Fallout on the Population of West Germany

Mario Schmidt

IFEU-Institute for Energy and Environmental Research, Im Sand 5, 6900 Heidelberg, F.R.G.

Introduction

One and a half year after the reactor accident in the Soviet Union it is possible to assess the total Chernobyl-dose for the population in the Federal Republic of Germany (FRG). Beside Scandinavia the FRG was one of the West-European countries with the highest radioactive fallout in May 1986. Unlike the situation in many other countries, the German public was very upset and reacted in a sensible way: the people wanted to know which countermeasures could help to reduce the dose; the discussion about the use of nuclear energy started again and was carried out very controversially.

This public interest and sensitivity initiated many measurements of radioactivity in the FRG and the publication of the results. Until November 1986 the authorities registered more than 36,000 data of food, soil or air (1), the number of which is still increasing. These data were the basis of the following assessment of the Chernobyl-dose in the FRG.

The Radioactive Deposition in Germany

In West Germany the amount of radioactive deposition was correlated with the trajectories of the radioactive plumes and the meteorological situation during its passage. In the South, especially in Southern Bavaria, it was strongly raining during the increased level of airborne radioactivity in May 1986. The washout of radionuclides resulted in a very high deposition in Southern Germany. At some places the levels of cesium-137 in soil exceeded 40,000 Bq per squaremetre.

In Munich (2) the iodine-131-deposition was about 90,000 Bq/m² and the ¹³⁷Cs-deposition about 20,000 Bq/m². This is the fivefold amount of the ¹³⁷Cs-fallout in West Germany due to the worldwide nuclear bomb tests from 1954 to 1966. On the other hand, the strontium-deposition related to Chernobyl was low in comparison with the atomic bomb fallout. At Munich the ⁹⁰Sr-value was 210 Bq/m² according to a ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs-ratio of 1 percent.

In North Germany the fallout was considerably lower (Fig.1): the ^{137}Cs -deposition came to a few $1,000 \text{ Bq/m}^2$. The $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ -ratio in rain water was 7.4 percent (3). The average contamination with ^{137}Cs , weighed according to the contaminated surfaces, was about $6,000 \text{ Bq/m}^2$ in the FRG.

These regional differences resulted in considerable variations of radioactivity in food and forage. According to the region of origin, vegetables, milk or meat were contaminated very highly. In Bavaria some samples of milk contained up to $2,600 \text{ Bq}$ of ^{131}I per litre. In May 1986 about 18 percent of the examined Bavarian samples of milk exceeded the ^{131}I -limit of 500 Bq/l (4). In contrast to this, the contamination of milk in Northern Germany was much lower and about a few 10 Bq/l .

In a similar way, vegetables were contaminated, especially leaf-vegetables. The average value of ^{131}I in spinach reached several $1,000 \text{ Bq/kg}$ in the first weeks. The value of lettuce was about some 100 Bq/kg . In May 1986, the mean concentration of ^{137}Cs in lettuce was 50 Bq/kg and in beef 150 Bq/kg .

In Fig. 2 are indicated the ^{137}Cs -concentrations in farm milk from Southern Bavaria and Northrhine-Westphalia, a state located in the middle of West Germany. During the summer, the values decreased because of the lower (compared to the period immediately after the fallout) contamination of fresh vegetables and forage on the surface. But in autumn 1986, the concentrations increased again, because highly contaminated hay which had been cut in May and June was used as fodder (5).

Countermeasures after Chernobyl

The national commission on radiological protection and the federal government issued limits for iodine-131 in milk and vegetables. But the control of the radioactivity in vegetables wasn't efficacious enough as to guarantee the observance of the limit. The limit of 500 Bq/l for milk was so high that its introduction didn't reduce the population's exposure in most parts of Germany. Therefore the state of Hesse issued an own limit for milk which was 20 Bq/l but was opposed by the federal government and the European Economic Community (EEC).

In contrast to the official countermeasures an information campaign, initiated by environmental associations, scientists and the mass media, succeeded and caused a change in the people's consumption habits. Agricultural statistics indicated that the highly contaminated food was avoided by the consumers to an important degree. In May 1986 the sale of spinach dropped down by 92 percent and the sale of lettuce by 70 percent (Tab.1). The sale of fresh milk decreased by half in May and June, whereas the sale of uncontaminated powdered milk and homogenized milk increased rapidly.

The following dose estimation took into account these changes of the consumption habits (6). It shows that on the average 2 third of the normal thyroid-gland dose caused by vegetable ingestion and half of the dose caused by milk ingestion could be avoided; the thyroid-gland being the most exposed organ in the first months.

The Longterm Contamination of Food

In 1987 the cesium-concentrations are still high. Mushrooms, venison and freshwater fish often contained several 100 Bq/kg. But the contamination of basic food was more important such as beef, pork, wheat and rye. In Fig. 2 the cesium-concentrations which are representative for West Germany in August 1987 (7) are compared with the average values in 1983 respectively 3 years before the Chernobyl fallout (8). The high consumption rates of grain and meat lead to rather high ingestion doses in 1987.

As soon as the food which was contaminated in 1986 is off the market, the contamination will be effected exclusively by the radionuclide-transfer from the soil into the plants. The IFEU-institute, in order to estimate the Cs-concentrations in future, undertook comprehensive transfer calculations (6). The results are shown in Tab. 2. On an average, Cs-concentrations will be about some Bq/kg in the years to come, upward variations being possible in the highly contaminated South. Moreover, mushrooms and venison are expected to contain more cesium for the future. The Sr-values will be comparatively low. In future, most of the Sr-concentrations in food will still be caused by the fallout of the atomic bomb tests.

The Results of Dose Estimation

Average consumption rates and dose coefficients based on the ICRP-30-model (9) were used to calculate the radiation dose of the German population. Since the effective dose definition of ICRP is controversial, because for example it only takes into account cancer mortality and not cancer incidences, the different organic doses were also calculated by IFEU. In Tab. 3 the results are shown for some organs. In total, the thyroid gland dose exceeds the other doses because short living ^{131}I effected mainly the thyroid gland. The total dose amounts to 3.1 mSv (319 mrem), 1.8 mSv (180 mrem) resulting from the first year.

The effective dose integrated over the next 50 years was estimated 1.4 mSv (140 mrem). In 1986 the effective dose was 0.22 mSv. In 1987, the effective dose is approximately 0.13 mSv in FRG.

An important result is the fact that 75 percent of the time-integrated effective dose is caused by the external gamma radiation of cesium in the soil. This external dose already contains a reduction factor of 0.19 for the radiation screening of the soil and of the buildings during the stay inside.

The Chernobyl Risk in West Germany

Integrated over the following 50 years, the collective dose will be 86,000 man-Sv in FRG, thus disproving other estimations carried out by the National Radiation Protection Board. Morrey et al. (10) valued only 78,000 man-Sv corresponding to the collective dose for the whole area of EEC. In consideration of the German collective dose which already exceeds this value, the real dose of EEC must be much higher. On the other hand, Jens Scheer's collective dose assessment for West Germany (11), which ranges from 90,000 to 720,000 person Sv, seems to be too high.

On the basis of the new estimate a total risk of 4,700 - 14,000 additional cancers in FRG can be expected, the calculation relying upon Bertell's risk coefficients (12) which are 549 - 1,648 cancers (including the nonfatal cases) per 10,000 person Sv. These values are essentially higher than the risk value of ICRP which concluded 100 fatal cancers per 10,000 person Sv (13). Meanwhile it seems that Bertell's estimations which used the linear dose-response-model are far more realistic than ICRP. Different actual studies refused the old ICRP-risk-values and used new ones which exceed them by the manifold. The German risk study about nuclear reactors used for its calculations 260 - 502 fatal cancers (14). The US-Department of Energy took a value of 230 fatal cancers for its Chernobyl - report (15). And the German Commission on Radiological Protection no longer excludes a possible risk value of up to 500 fatal cancers per 10,000 person Sv (16). All these values lie in the range of Bertell's estimation and verify the validity of it. Therefore the risk estimation of 4,700 - 14,000 additional cancers in FRG is quiet realistic, though the values are not conclusive enough as to back up an epidemiological proof.

Consequences

Whereas the information campaign of environmental associations and scientists had an important impact on the consumer's habits, the countermeasures of the federal government failed in reducing the collective dose substantially. First of all, this is a consequence of the official contamination limits for food which are far to high and thus contravene the first aim of countermeasures: the reduction and minimization of the collective dose and therefore the number of additional cancers.

This is important in consideration of the attempt of EEC to establish new radioactivity limits for the next reactor accident. The proposed values are even higher than the existing EEC limits which were introduced after Chernobyl (Tab.4). The new limits would obstruct the goal of minimization of artificial radiation exposure.

Whereas the ingestion dose could in principle be reduced by countermeasures the external radiation from the soil can't be avoided. As follows from the represented calculations, the external dose is the main contribution to the total accident dose in distant areas like West Europe. Consequently an efficacious minimization of radiation dose would only be possible if new nuclear accidents were prevented.

Acknowledgements - The author appreciates the helpful discussion with H. Dießelberg at IFEU-Institute.

References

- 1 J.F.Diehl et al., Radioactivity in Food - Chernobyl and the Consequences, Report of the Bundesforschungsanstalt für Ernährung, BFE-R-86-04, Karlsruhe, 1986 (in German)
- 2 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Environmental Radioactivity and Radiation Exposure by the Chernobyl Accident, GSF-Report No. 16/86, Neuherberg, 1986 (in German)
- 3 G.Kirchner, Department of Physics at the University of Bremen, private communication
- 4 M.Schmidt et al., The Consequences of Chernobyl, Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg, IFEU-Report No.43, 1986 (in German)
- 5 M.Schmidt et al., The Cesium-Soil- and Gras-Contamination in Southern Germany and the feeding in Winter 1986/87, IFEU-Report No. 45, Heidelberg, 1986 (in German)
- 6 M.Schmidt (Ed.), The Radiation Risk of Chernobyl, Three Studies of the IFEU-Institute about the Previous and Future Consequences of the Reactor Accident, IFEU-Report No. 49, Heidelberg, 1987 (in German)
- 7 Bundesgesundheitsamt, Report about the Radiation Exposure, monthly since December 1986 (in German)
- 8 Bundesministerium des Inneren, Environmental Radioactivity and Radiation Exposure, Annual Report 1983, Bonn, 1986
- 9 D.Noßke et al., Dose coefficients for the Inhalation and Ingestion of Radionuclide Compounds, Bundesgesundheitsamt, ISH-Report No. 63, 1985
- 10 M.Morrey et al., A Preliminary Assessment of the Radiological Impact of the Chernobyl Reactor Accident on the Population of the European Community, EEC-Commission, Doc. No. 2948/86 EN, 1986
- 11 J.Scheer, How many Chernobyl fatalities?, Nature 326, 1987, 449
- 12 R.Bertell, Handbook for Estimating Health Effects from Exposure to Ionizing Radiation, 2nd Edition, Toronto, 1986
- 13 ICRP, Recommendations of the ICRP, Publication No. 26, 1977
- 14 C.Steinhauser, C.Matzerath, Results of the German Risk Study for Nuclear Power Plants - Part B: Long Distance Modelling and Estimation of the Stochastic Somatic Effects, Annual Meeting of Nuclear Engineering 1987, Karlsruhe (in German)
- 15 Science 236, 1987, 658
- 16 Strahlenschutzkommission, The Impacts of the Accident in Chernobyl on the Federal Republic of Germany, SSK-Publication No.7, Stuttgart, 1987

Fig.1: The ^{137}Cs -deposition due the Chernobyl fallout in West Germany in 1986 (Source: (6)).

Fig.2: The average ^{137}Cs -concentrations in farm milk in South Bavaria and Northrhine-Westphalia in 1986/87 (Source: (6)).

Fig.3: The representative radiocesium-concentrations in German food 3 years before (1983) and 1 year after Chernobyl (August 1987). The two scales differ by a factor of 30 (Source: (7) and (8)).

Fig.4: The total radiation doses for the following 50 years caused by the Chernobyl fallout in West Germany

Tab.1: Average ^{137}Cs -concentrations in vegetables (in Bq/kg fresh weight) and the decrease of consumption in West Germany in May and June 1986 in comparison with the year before.

vegetables	May 1986		June 1986	
	consumption	Bq/kg	consumption	Bq/kg
cauliflower	- 23 %	4,9	+ 20 %	6,9
cucumber	+ 137 %	5,4	+ 41 %	4,9
kohlrabi	- 50 %	14,2	- 7 %	5,7
lettuce	- 70 %	48,7	- 13 %	32,9
carrots	- 58 %	3,2	+ 83 %	5,6
leek	- 33 %	34,0	- 21 %	24,5
radish	- 73 %	11,4	+ 3 %	13,4
celery	+ 36 %	27,7	+ 103 %	2,5
spinach	- 92 %	170,8	- 48 %	63,0
white cabbage	- 30 %	54,1	- 29 %	29,1
savoy	- 45 %	20,9	- 28 %	4,2

Tab.2: Calculated radionuclide-concentrations in German food in future caused by the Chernobyl fallout. If these values were compared with measurements, the Sr- and Cs-background by the atomic bomb fallout should be taken into account. All values in milli-becquerel per kg.

food (mBq/kg)	1988			1995		
	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
milk	10	120	460	10	10	400
beef	2	190	700	1	20	590
pork	0	530	1960	0	50	1670
potatoes	30	320	1190	20	30	1010
grain	40	320	1190	30	30	1010
leaf-vegetables	130	190	710	110	20	610
root-crop	70	60	240	60	6	200

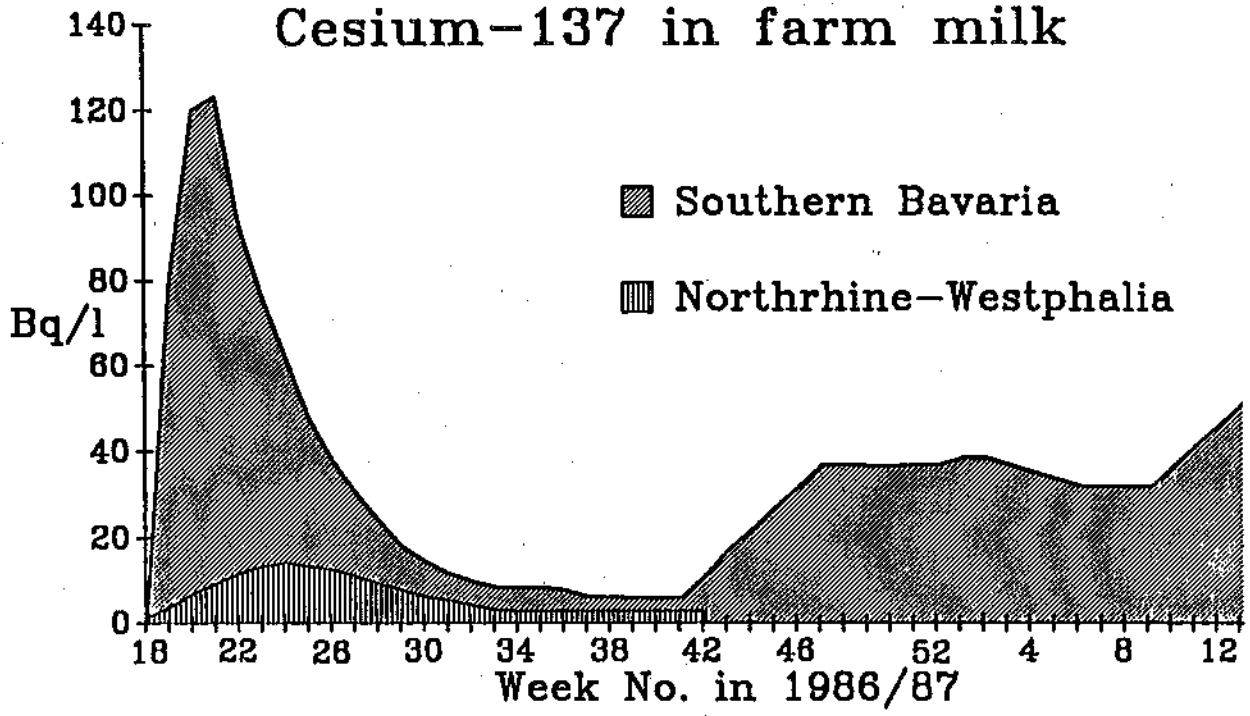
Tab.3: radiation doses for some organs and the effective dose in West Germany due the reactor accident of Chernobyl. All values in mSv. (abbrev.: bone-s.: bone-surface; thyr.: thyroid gland; eff.: effective dose; ex. rad.: external radiation)

	breast	bone-s.	lung	thyr.	eff.
ingestion 1986	6,7	13,2	7,8	8,8	14,8
inhalation 1986	0,2	0,4	5,8	0,3	1,7
ex. rad. 1986	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
ingestion 1987	5,3	6,5	6,1	6,8	7,2
ex. rad. 1987	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
ingestion 1988-2035	10,6	21,9	11,6	12,3	13,3
ex. rad. 1988-2035	95,6	95,6	95,6	95,6	95,6
total dose	129,7	149,0	138,2	309,1	143,9

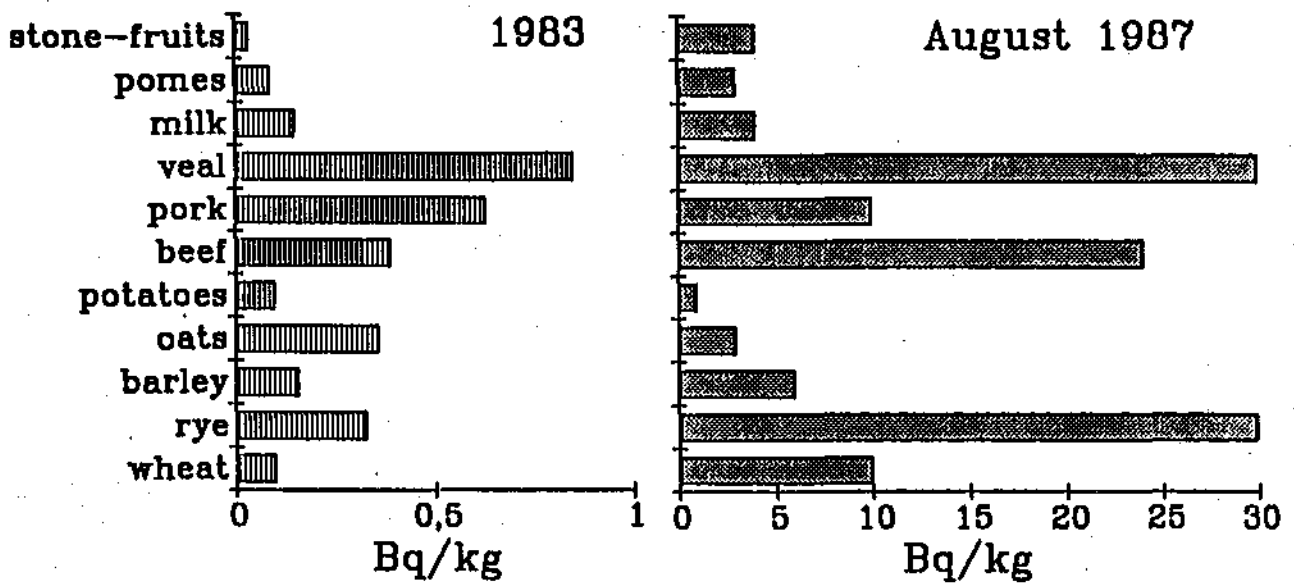
Tab.4: The EEC-limits for radiocesium in imported food which were introduced in May 1986 compared with the new limits of the proposed EEC regulation for the next nuclear accident (date: october 1987).

<u>old limits</u>			
milkproducts	500 Bq/l	^{131}I	in May 1986
babyfood			
fruits, vegetables	350 Bq/kg	"	(recommended)
milkproducts and baby food	370 Bq/kg	$^{134}/^{137}\text{Cs}$	since June 1986
<u>proposed limits</u>			
milkproducts and baby food	500 Bq/kg	all isotopes of I, Sr	
	20 Bq/kg	Pu and transurans	
	1000 Bq/kg	other radionuclides like Cs	
water	400 Bq/kg	I, Sr	
	10 Bq/kg	Pu etc.	
	800 Bq/kg	Cs etc.	
other food	3000 Bq/kg	I, Sr	
	80 Bq/kg	Pu etc.	
	1250 Bq/kg	Cs etc.	

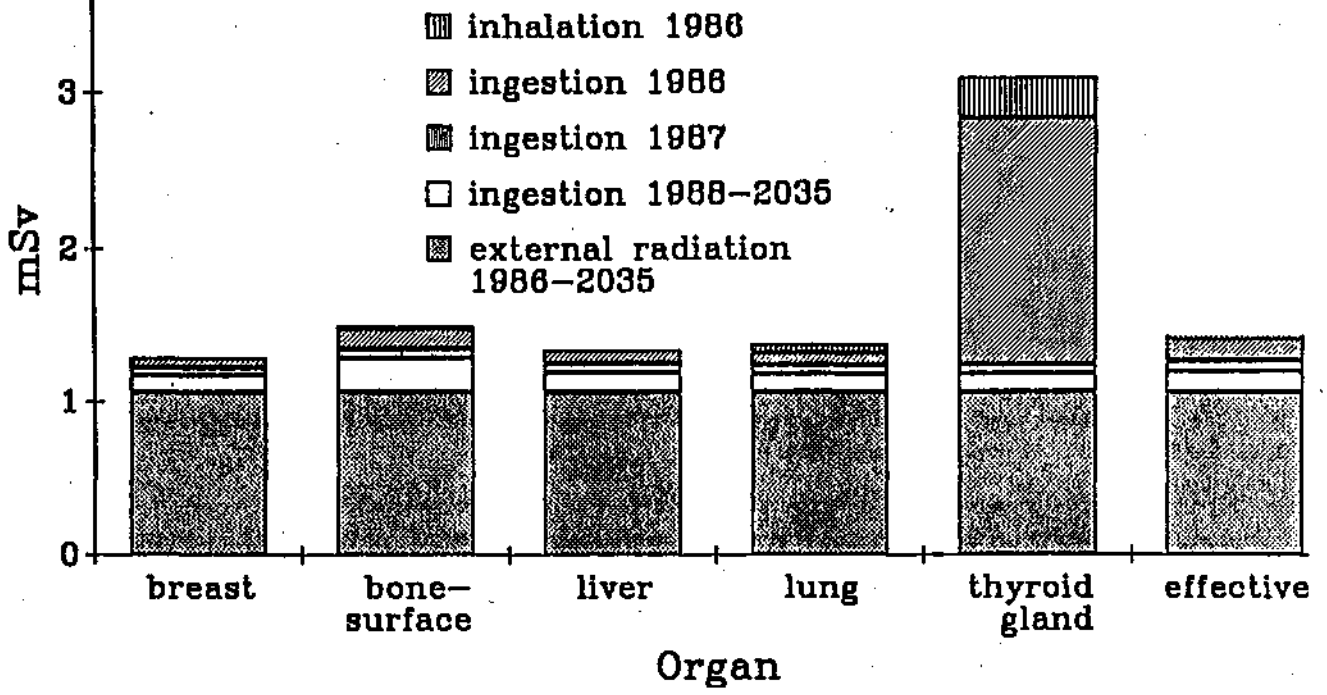
Cesium-137 in farm milk



Cesium-concentrations in German food before and after Chernobyl



Total Chernobyl Dose in West Germany



4. TXERNÒBIL I CATALUNYA:

Els mitjans de comunicació de masses
i l'accident de Txernòbil.

Santiago Vilanova, periodista.

La exhaustiva lectura de los periódicos seleccionados, además de revistas especializadas y semanarios, me llevaron a constatar que existieron graves deficiencias en la información electronuclear relacionada con el accidente de Chernobil; el más grave ocurrido en la historia de la energía nuclear por la expansión de sus efectos.

Estas deficiencias parten, fundamentalmente, de anomalías, atrasos y silencios de los que son responsables las instituciones internacionales occidentales, como la Agencia Internacional de la Energía Atómica de Viena o Euratom, que no dieron en su momento la suficiente y amplia información que reclamaba la opinión pública europea. También hay que señalar, de forma especial, el papel de censura de las autoridades soviéticas. Las agencias soviéticas y norteamericanas no lograron romper este silencio, ni ofrecieron alternativas al monopolio informativo orquestado por los organismos nucleares de ambas superpotencias.

Segunda constatación: los periódicos se alimentaron de las agencias informativas y no de reportajes de enviados especiales o corresponsales, quienes se limitaron a asistir a las ruedas de prensa. Ello impidió una información más independiente, viva y crítica, así como la divulgación de hechos y datos que han permanecido ocultos a la opinión pública y que se irán conociendo con el tiempo.

La denuncia efectuada un año después por el diputado ecopacifista Walter Oswalt en "Cambio 16", sobre los trabajos forzados en la zona contaminada, es un ejemplo claro de esta constatación.

Una tercera realidad: la ausencia de expertos escribiendo y opinando en las páginas de los periódicos, salvo contadas excepciones.

Las dificultades para sintetizar e interpretar las numerosas informaciones que se acumulaban en las mesas de las redacciones hicieron que muchas pági-

nas se convirtieran más en un cajón de sastre que en una meticulosa síntesis de lo que realmente debía ser noticiable.

La falta de coordinación provocó que la mayoría de noticias de agencia sobre Chernobil se repitiesen en casi todos los periódicos.

Durante los primeros días la improvisación fue total y los consejos de redacción no reaccionaron con intentos de coordinación hasta que se dieron cuenta de la gravedad de lo sucedido.

Cuarta constatación: la ausencia de fotografías de interés de la zona contaminada o de los efectos provocados por el accidente en las páginas de los periódicos. Una prueba más que evidente de la censura que ha existido sobre el tema Chernobil.

Quinta constatación: me parece lamentable que las empresas periodísticas no hayan financiado estudios e investigaciones sobre los efectos del accidente; especialmente después de que la trigésimo quinta Asamblea anual del Instituto Internacional de Prensa manifestase la inquietud por la forma cómo se desarrolló la información sobre la catástrofe.

Por otra parte la ausencia de debates sobre Chernobil en nuestro país fue preocupante.

Tras estas constataciones previas paso ahora a desarrollar las conclusiones a las que he llegado. Las mismas se extraen de los numerosos comentarios efectuados a lo largo de la tesis y de las contrastadas fuentes de información que he ido empleando en mis reflexiones.

UNO. En el Estado español la mejor información sobre el accidente de Chernobil la suministró, sin lugar a dudas, El Periódico de Cataluña; especialmente a través de los trabajos de Josep Català, Luis Angel Fernández Hermana y Carlos Enrique Bayo. Se trató de superar el reportaje y la crónica de investigación en el lugar de los hechos,

mediante una bien documentada información relacionada con los efectos económicos y biológicos del accidente. Fue también el único diario que dedicó espacio a los grupos que criticaron la falta de información y los silencios de la Administración.

Lamentablemente la información del tema descendería estrepitosamente a finales de 1986.

DOS. No existió coherencia entre la línea editorial y el contenido informativo de la mayoría de diarios analizados. En algunos casos, como La Vanguardia, se llegaron a defender tesis contrarias. Mientras algunas crónicas o reportajes elaborados por redactores eran críticos respecto a la seguridad de las centrales nucleares las editoriales se reafirmaban en la infabilidad de las centrales atómicas españolas.

Mientras las primeras editoriales de La Vanguardia, El País, ABC y El Periódico fueron unánimes en criticar la censura informativa de la U.R.S.S., posteriormente silenciaron las censuras de los países de la CEE sobre los efectos del impacto de la nube radiactiva.

TRES. Se produjo una unanimidad total en aceptar las posiciones oficiales respecto a los efectos del impacto radiológico del accidente en España. A excepción de revistas especializadas, como "Integral", ningún medio de comunicación mayoritario profundizó sobre el tema y realizó, como podía ser factible, investigaciones y análisis propios para contrastar o replicar el optimismo oficial. Ningún periódico español, por ejemplo, analizó muestras de animales, vegetales o agua de ríos y manantiales después del accidente.

CUATRO. La presencia de científicos y especialistas españoles en el debate sobre el accidente de Chernobil fue escasa, por no decir irrelevante. La mayoría de los personajes entrevistados estaban vinculados de forma directa o indirecta a la industria electronuclear. Lo mismo sucedió con los comentaristas y artículos de opinión emitidos y publicados en los diarios analizados. En este aspecto se evidenció la influencia que el sector eléctrico sigue ejerciendo en los consejos de administración de los periódicos consultados.

CINCO. Constaté también la descoordinación informativa en los periódicos consultados a lo largo de un año. La apatía en profundizar sobre las consecuencias del accidente. Esta descoordinación la considero fruto del hecho que las diferentes secciones iban acumulando noticias, vomitadas por las agencias, pero no eran posteriormente tratadas con el debido rigor. Ningún periódico mantuvo unas páginas fijas sobre Chernobil a lo largo del mes de mayo de 1986, como en una época llegó a ser tradicional en la prensa barcelonesa ante sucesos de gran impacto.

SEIS. Un año después, el 26 de abril de 1987, ningún periódico español consultado ofreció una crónica de la situación de la zona afectada a través de un enviado especial o de un corresponsal. Ni siquiera se dieron imágenes gráficas de los trabajos de descontaminación. Las deficiencias informativas continuaban y probablemente continuarán durante muchos años.

UNA ALTERNATIVA PARA LA INFORMACIÓN AMBIENTAL Y ELECTRONUCLEAR.-

En la mayoría de medios de comunicación, prensa, radio y televisión, no existe ninguna sección, departamento o especialización que a lo largo del año trate la información ecológica. Es decir, que codifique fuentes de información, documentos, estudios y bibliografía; que analice e interprete las noticias derivadas de esta problemática en función de su impacto biológico, económico, político o socio-cultural.

Tampoco vemos que haya un seguimiento de la industria electronuclear y del ciclo de combustible atómico. El lector, el radioyente y el televidente no puede hacerse cargo de la evolución y de los avatares del poderoso grupo industrial vinculado a la tecnología nuclear, de la misma forma que se sigue la evolución de la Liga de fútbol, las conversaciones Washington-Moscú para el desarme, las estrategias de la Internacional socialista o la reconversión de la siderurgia. En general los grandes consorcios nucleares suelen quedar fuera del seguimiento de las páginas de economía, a excepción de periódicos especializados como el **Financial Times**.

A esta situación colaboran también las filiales de estas multinacionales en España, con la política del silencio y el secretismo.

Tampoco percibimos interés en divulgar informaciones de las inversiones y estrategias de las empresas, cooperativas o multinacionales más influyentes dedicadas a las tecnologías de la descontaminación, a pesar de su nivel de prosperidad. Estas firmas son prácticamente desconocidas frente a las grandes sociedades que cotizan en bolsa, especialmente químicas y eléctricas.

Vemos, eso sí, como los medios de comunicación tratan con cierta frecuencia aspectos parciales de esta nueva sensibilidad, que va desde el auge de las organizaciones políticas ecologistas hasta el crecimiento de la ecoindustria; desde la divulga-

ción científica de los aspectos ecológicos hasta la crónica de las catástrofes como las de Minamata, Bhopal, Seveso, Amoco-Cadiz, Harrisburg, Chernobil o Sandoz; la mortandad de aves y peces; la contaminación de los ríos, los lagos y los mares, la erosión de los suelos, los incendios forestales, las lluvias ácidas o la destrucción del ozono.

Sin embargo este amplio abanico de problemas y de intereses no ha sugerido aún en el Estado español, por parte de quienes gestionan los grandes medios informativos y la formación de los profesionales, la necesidad de organizar y planificar estas materias para ofrecer una información más rigurosa y veraz; científica, pero asequible al gran público; real, pero no sensacionalista. Una información que en sí misma sea un compromiso de solidaridad hacia un mundo mejor.

El accidente de Chernobil hizo emerger a la superficie las deficiencias que existen para informar de algo tan complejo y trascendental para el futuro de las próximas generaciones como es la energía nuclear. Y lo fue especialmente en nuestro país donde podemos decir que no existe ni un solo periodista que ejerza esta especialidad y que sea capaz a lo largo del año y a través de informaciones periódicas de efectuar un seguimiento del lobby nuclear. No ocurre así en periódicos como Le Monde, Financial Times o Washington Post, donde existen especialistas en cuestiones energéticas (y especialmente en energía nuclear, medio ambiente y divulgación ecológica).

En el Estado español cuando urge hablar del sector electronuclear los especialistas a quienes se les da la opción de opinar son los propios publicistas de las empresas eléctricas o del Fórum Atómico Español. Así lo pude comprobar a través de los suplementos, ya sea de "Cambio 16" (27-IV-1987) o de ABC (13-V-87), dedicados a la energía nuclear durante 1986 hasta mayo de 1987. El caso más sintomático fue el suplemento de "Ciencia y Futuro" publicado por ABC con portada incluida bajo el título "Las centrales nucleares, una opción nacional". Se "vendió" como información lo que era una descarada publicidad encubierta del sector nuclear, tal como suele ser en la mayoría de diarios que se hacen suplementos sobre el mismo tema. El

articulista de este suplemento, en exclusiva, fue Rafael Caro, presidente de la Sociedad Nuclear Europea quien se descolgó contra las posiciones antinucleares calificándolas de "verdades a medias" y "desconocimientos". Así introdujo ABC el tema: "La ventaja que en equipamiento nuclear han logrado algunos de nuestros más inmediatos competidores económicos dentro de la CEE comienza a ser advertida por el hombre de la calle, menos sensible cada vez a las manipulaciones políticas y a las campañas de intoxicación. Prácticamente agotada la capacidad de nuestras cuencas hidrográficas para seguir atendiendo la demanda eléctrica en el inmediato futuro, y en la carencia nacional de otras fuentes energéticas propias, capaces de equipararse con las de las naciones de nuestro entorno, la energía de origen nuclear es la que mejor satisface las necesidades nacionales en términos de costes económicos y también en términos de seguridad de explotación y suministro".

Una tesis totalmente contraria a la que manifestó meses antes Le Monde en unas páginas de economía. La crisis de la energía nuclear viene dado por el enorme grado de dependencia que supone, tanto de la tecnología como del suministro de combustible; por las numerosas nebulosas en materia de seguridad de todo el ciclo y por la creciente desconfianza hacia ella de amplios sectores de la sociedad. Y Le Monde habló de esta manera, siendo Francia una de las mayores potencias atómicas del planeta.

En definitiva convendría una mayor libertad en el tratamiento de la información electronuclear y ambiental en los medios de comunicación. La cobertura informativa afectaría, en síntesis, a las siguientes áreas:

1.- Tratamiento de la divulgación científica y en especial del comportamiento de los ecosistemas.

En la actualidad es la información que más se ha incrementado en los periódicos a través de secciones de Ciencia y Tecnología. Se trataría sin embargo de no circunscribir esta divulgación a firmas de científicos, sino que debería ser redactada y dirigida por periodistas especiali-

zados; a ser posible con estudios de ecología o biología.

2.- Seguimiento del sector nuclear y de las grandes sociedades transnacionales que exportan tecnología nuclear y uranio a terceros países.

Esta información debería hacerse desde las páginas de economía, fundamentalmente, aunque en muchas ocasiones podrían aparecer artículos o informaciones en las páginas políticas o geopolíticas. La presencia del Estado español en la CEE, la OTAN y EURATOM, reclama una nueva dinámica informativa sobre temas electronucleares que aún no se ha estrenado en España, a mi entender debido al excesivo control que las eléctricas siguen ejerciendo sobre este tipo de temas.

3.- Tratamiento geopolítico del sector nuclear.

La misma información económica conlleva el conocimiento profundo de las estrategias geopolíticas que hay en juego en función de la ubicación de los yacimientos de uranio; de la posesión o voluntad de tener armas atómicas de los determinados Estados; del papel de expansión de las grandes firmas de tecnología nuclear; pueden analizarse determinadas crisis políticas; endeudamientos financieros; estrategias militares...

Periódicamente es necesario informar mediante mapas y gráficos de la situación del planeta en todos estos aspectos.

4.- Tratamiento de los eco-sucesos.

En la última década han aparecido en los medios de comunicación un tipo de sucesos, que antes eran desconocidos, y que cada día revisten más interés por parte del lector. Se trata del

ecosuceso. El acontecimiento que se produce a raíz de una acción debida a la mano del hombre que provoca un impacto ecológico y que ocasiona una destrucción biológica. Desde el río contaminado de un pequeño pueblo hasta la situación de emergencia debido a una situación atmosférica en una gran urbe; desde el accidente nuclear en una planta hasta la contaminación de una zona turística debido al naufragio de un superpetrolero.

La sensibilidad ha crecido tanto en los últimos años que incluso se ha tipificado en el Código Penal el llamado "delito ecológico".

Pero así como en los clásicos sucesos, con delitos de sangre y otras aberraciones humanas, han tenido por lo general un tratamiento sensacionalista, debido a que no era necesario ser abogado o criminalista para explicarlos, en los ecosucesos la falta de conocimientos sobre el comportamiento del ciclo biológico puede desvirtuar totalmente la información. Es conveniente pues una especialización y una apurada preparación del periodista ambientalista.

5.- Tratamiento de la ecoindustria.

En las secciones de economía de los medios de comunicación hay que informar a los lectores de las estrategias de expansión de las industrias dedicadas al negocio de la descontaminación. El silencio sobre este sector hace que sigan sin resolverse muchos problemas ambientales que hoy tienen ya una solución tecnológica. No parece lógico que las secciones de economía estén dominadas sólo por empresas vinculadas a un modelo productivo esencialmente contaminante y explotador de recursos.

6.- Tratamiento de los movimientos de defensa del medio ambiente y de las organizaciones ecologistas.

Considero que la sección dedicada a política y

sociedad debe efectuar un seguimiento de todos los principales grupos ambientalistas y ecologistas que operan en cada autonomía, tanto los que tienen una acción política como los que se mantienen en una acción cívica o cultural. Sus propuestas y estrategia han de ser conocidas por la población. El hecho que no sean partidos mayoritarios no significa que no ejerzan una gran influencia socio-cultural en la sociedad, especialmente si tenemos en cuenta que detrás de esta ideología está naciendo un importante sector industrial.

Los periódicos deberían tener el programa y las alternativas de todos y cada uno de los llamados partidos "verdes" de todos los países europeos; seguir sus flujos y reflujos y sus estrategias políticas. En el Estado español prácticamente sólo se ha informado de los Die Grünen alemanes.

7.- Tratamiento de la legislación ambiental.

Es también responsabilidad de los medios de comunicación el divulgar las principales leyes que se vayan aprobando en el Estado español, en el Parlamento europeo o en los parlamentos autónomos, relacionadas con la protección del medio ambiente. Valorando y explicando estos textos a través de la opinión de expertos.

8.- Tratamiento editorial.

Los temas ecológicos han de ser objeto de editoriales. Las centrales nucleares, la lluvia ácida, los planes energéticos, la calidad de vida, el delito ecológico, la erosión, la contaminación del mar, los pesticidas, etc. son grandes temas de la sociedad contemporánea que requieren claros posicionamientos por parte de las empresas editoras. Tanto sobre la causa que ha provocado estos problemas como las alternativas para resolverlos. De la misma forma que un medio opta ideológicamente por defender el nacionalismo catalán frente al centralismo estatista; o tiende a ser liberal con el aborto o

beligerante opositor del mismo, también empezaría a ser conveniente que un medio se pronunciara sobre la continuidad o paralización de la energía nuclear, la creación de vertederos controlados en lugar de la incineración de residuos, el control de pesticidas o la recuperación progresiva de la agricultura biológica, la defensa de un gran pantano o la política de regadíos a base de pequeños embalses.

Estos apartados me parecen esenciales para iniciar una respuesta informativa creíble y de calidad ante el vacío informativo existente en materia ambiental.

5. TXERNÒBIL I CATALUNYA:

Els antinuclears i/o ecologistes i
l'accident de Txernòbil.

- Comité Antinuclear de Catalunya, CANC.
- "Equipo de Análisis Ecológicos".
- Grup de Científics i Tècnics per un Futur
No Nuclear, GCTPFNN.
- "World Information Service on Energy",
WISE, Tarragona.

La cuestión nuclear en Cataluña y el impacto del accidente de Chernobyl
Equipo de Análisis Ecológicos

2/

carnes procedentes de caza, o determinadas especies.

El nacimiento del Equipo de Análisis Ecológicos, se halla ligado al impacto de la radiactividad de Chernobyl sobre Catalunya y el Estado español. Componentes de lo que luego sería dicho equipo, advirtieron en relación con publicaciones alemanas, la trascendencia que tenía el accidente de la central rusa, en los primeros días de Mayo para toda Europa. A partir de la primera quincena de Mayo se formó en la redacción de la revista Integral de Barcelona, una especie de grupo de seguimiento de las noticias provenientes de Ucrania, y se intentó mantener informados a los grupos ecologistas españoles de la temática. Fruto de ello fué un artículo en el número 79 de la mencionada revista, que apareció a mediados del mes de Mayo, y que constituyó la primera información sistemática y auténtica en torno a la inmensidad de la catástrofe y sus posibles repercusiones biológicas para la población europea, dentro del panorama de la prensa tradicional establecida.

En un segundo artículo, que apareció en Integral a finales de Junio, se informó también en primicia sobre el impacto del accidente de Chernobyl en nuestro país, especialmente en Cataluña. En este artículo se publicaron por primera vez en un medio de prensa nacional, las tablas de mediciones de actividad radiactiva de algunos isótopos provenientes de Chernobyl, como el Cesio 137 o el Iodo 131, en alimentos del estado español; dichas mediciones procedían de los primeros informes sobre el impacto del Consejo de Seguridad Nuclear y del Consell D'activitats Radiactives dependiente de la Generalitat de Catalunya. En este mismo artículo, se hacía una llamada a la responsabilidad que tenía el Gobierno Autonómico Catalán, de informar a determinadas regiones catalanas y a determinados grupos de riesgo entre la población, de la actividad radiactiva de algunos alimentos, y se denunciaba la política de ocultamiento y reserva llevada a cabo tanto por la Administración Central como por la Autonómica.

En un tercer artículo publicado en el número 81 de Integral en el mes de Septiembre; se abordaba también por primera vez dentro de la prensa nacional, el tema de la radiactividad residual del Cesio 137 y el Estroncio 90 en los alimentos, tanto los provenientes del extranjero como en los nacionales. Se indicaba—recogiendo informaciones transmitidas por Institutos ecologistas europeos— a los lectores, cuales eran los alimentos problemáticos de consumo, tales como setas,

Aparte de estos tres artículos, el Equipo de Analisis Ecológicos a través de los locales de la revista Integral, potenció durante los meses que siguieron al accidente la interrelación entre asociaciones de consumo y grupos ecologistas, para coordinar esfuerzos ante el impacto de la radiactividad en Catalunya. Existió un trabajo coordinado con la Xarxa Ecologista i Alternative de Catalunya, con el Comité Anti-nuclear Catalán, con el WISE, y con la Crida per la Solidaritat de la Llengua i la Cultura Catalana.

Esta red de grupos, al ver en Diciembre de 1986, que la Generalitat de Catalunya no informaba al público de las mediciones de seguimiento del Cesio 137 en alimentos, decidió contactar con el Instituto Ecologista Alemán Umwelt Katalyse de Colonia, con objeto de analizar diversas muestras procedentes del Ampurdán. El análisis de algunos productos en busca de la actividad del Cesio 137, indicó que al menos las setas del norte de Catalunya, tenían en las muestras mencionadas una actividad en torno a los 20 bq/kg.

En el mes de Abril de 1987, y coincidiendo con el primer aniversario de la tragedia de Chernobyl, el Equipo de Análisis Ecológicos en colaboración con el WISE, VAEDENAT, editó un libro global sobre la trascendencia y repercusiones del accidente en nuestro país titulado "LA ERA POST-CHERNOBYL"; en el que además se detallaba la actual situación de la energía nuclear en España y se hacía balance de las alternativas posibles para salir del escenario atómico. En este libro se publicaron todas las informaciones desconocidas del impacto del accidente en el Estado Español. Existió una tirada inicial de 8000 ejemplares, de los que hasta la fecha se han vendido más de 7000.

Independientemente de los artículos y el libro, el Equipo de Análisis Ecológicos, a través del Correo del Sol (publicación anexa a la revista Integral), ha ido publicando en los últimos meses, puntuales informaciones de las repercusiones de la tragedia, como los informes del Dr. Goffman de la Universidad de Berkeley, o entrevistas realizadas en Viena con el grupo "Trust" (Confianza) de ecologistas rusos, que se hallan activos contra las consecuencias del accidente en su país. Ultimamente se ha denunciado también, la política de la Administración rusa con respecto a la descontaminación de la zona, en relación con la construcción de campos de trabajo y la formación de brigadas de trabajadores lituanos y estónios privados de libertad.

Puede pues decirse, que la formación del Equipo de Análisis Ecológicos (Septiembre de 1986), estuvo en gran parte generada por la impresión de que en el Estado Español, se minimizan, ocultan y banalizan los temas que atañen a catástrofes ecológicas, y que la situación ecológica del país es de gran gravedad. Partiendo de estas premisas, el Equipo de Análisis Ecológicos, pretende en sus publicaciones analizar con criterios rigurosos y científicos los problemas de consumo y tenencia de objetos de nuestra sociedad. Para ello se aplica por primera vez a estos problemas, criterios predominantemente ECOLÓGICOS, es decir basados en una relación armónica con la naturaleza, una revalorización de las técnicas sencillas, naturales y renovables, y unas pautas claras de autogestión y descentralización de los elementos de industria y consumo.

En el presente, el Equipo de Análisis Ecológicos, en colaboración estrecha con el WISE, está trabajando- en lo concerniente a la detención de la expansión de la energía nuclear- en los siguientes proyectos editoriales y sociales:

- a) Una reconstrucción literario-científica, de las características que tendría para la provincia de Tarragona, un accidente máximo previsible (GAU), en la central nuclear de Vandellòs I. El estudio, sin renunciar al rigor científico, trataría de hacer comprensible a amplias capas de la población tarraconense, de las consecuencias a corto, medio y largo plazo de la catástrofe.
- b) El promover un REFERENDUM popular, organizado por grupos ecologistas en torno a la posibilidad de abandonar la energía nuclear como fuente de energía en el sector eléctrico. Partiendo de la difusión de los informes actuales que aportan pruebas en este sentido, se trataría de obtener la opinión del pueblo en torno a la cuestión nuclear en Cataluña.

Equipo de Análisis Ecológicos
Abril 1988 Barcelona

VI TROBADA SOBRE LA RECERCA EXPERIMENTAL EN
FISICA I QUIMICA ALS PAISOS CATALANS
"Txernòbil i el seu impacte als Països Catalans"
Universitat Catalana d'Estiu
Prada 1987

Títol: LA LLEI DEL SILENCI I EL DRET DELS CIUTADANS I CIUTADANES
DE CATALUNYA A CONEIXER ELS RESULTATS DE LES MESURES REALIT-
ZADES ARRAN DE L'ACCIDENT A LA C.N. DE TXERNOBIL.

Autor: Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear.
G.C.T.P.F.N.N.
Apartat de Correus 10095
08080 Barcelona

Resum: La ponència exposa l'experiència viscuda pel Grup de
Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear en voler
coneixer els resultats de les mesures realitzades per
les institucions universitàries catalanes per
encàrreg de l'organisme de la Generalitat que té
delegades aquestes funcions per part del Consejo de
Seguridad Nuclear.
Aquesta experiència és el fruit, per una part, de
l'interés propi del Grup i, per altra part, de
l'encàrrec realitzat per una organització ecologista
catalana al G.C.T.P.F.N.N.

La present comunicació no té altre modest objectiu que exposar l'experiència viscuda pel G.C.T.P.F.N.N., en realitzar un assessorament a l'organització ecologista Alternativa Verda en l'exercici del Dret a la Informació Ambiental, referent a les conseqüències que s'en deriven de l'accident ocorregut a la C.N. de Txernòbil.

D'acord amb la legislació vigent, el Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives (Direcció General d'Energia, Departament d'Indústria i Energia, Generalitat de Catalunya) és l'organisme encarregat d'informar sobre totes les qüestions que tinguin relació amb instal·lacions nuclears i radioactives, i de coordinar les actuacions que exerceix el Departament d'Indústria i Energia (Decret 536/1983 de 6 de desembre i Ordre de 27 de desembre de 1984). I és el Consell de Seguiment de Seguretat Nuclear i Protecció Radiològica de Catalunya l'organisme encarregat de fer el seguiment de l'exercici de les funcions de seguretat nuclear i protecció radiològica i d'elevat semestralment al Parlament de Catalunya un informe sobre el desenvolupament de l'exercici de les funcions de seguretat nuclear i protecció radiològica (Decret 381/1984 de 22 de desembre i Ordre de 9 de maig de 1985).

Per això el G.C.T.P.F.N.N. va aconsellar a Alternativa Verda que es dirigís per escrit al Cap de Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives sol·licitant la relació exhaustiva de les mesures realitzades a Catalunya a partir de l'accident a la C.N. de Txernòbil.

Ahora també els hi va ser suggerit que es dirigissin al Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca i a l'Àrea de Sanitat, Salut Pública i Medi Ambient de l'Ajuntament de Barcelona, organismes que havien demostrat un xic de preocupació envers l'accident de Txernòbil, sol·licitant també la relació de mesures realitzades.

Així mentre el D.A.R.P. lliurava a A.V. una còpia dels resultats de les mesures realitzades en algunes aus migradores (58 anàlisis: una mostra amb resultat de 419 Bq/kg - corresponent a un estornell capturat a l'Alt Empordà -, diverses mostres de tords amb valors mitjans compresos entre 55'5 i 68'3 Bq/kg i valors màxims 195 Bq/kg) i l'Àrea de Sanitat de l'Ajuntament de Barcelona lliurava, després d'incomptables gestions al Laboratori Municipal, a la Secretaria Tècnica de l'Àrea de Sanitat i al mateix Regidor de Sanitat, la relació de totes les anàlisis realitzades en mostres d'aliments entre el 18/5/1986 i el 20/12/1986 (en total 14 mostres !); el Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives de la Generalitat, després d'haver dirigit 3 cartes consecutives al cap de Servei, va respondre o bé amb el silenci o bé lliurant una informació que no tenia gaire a veure amb la sol·licitada.

Això va obligar a A.V. a efectuar un requeriment notarial al, aleshores Conseller d'Indústria i Energia i actualment Secretari General d'E.R.C., Sr. Joan Hortalà, perquè lliurés la relació de mesures realitzades pel seu Departament. Aquest requeriment notarial va quedar sense resposta per part del Conseller.

Paralelament a l'actitut de silenci mantinguda pel Servei de

Coordinació d'Activitats Radioactives s'ha posat de manifest una preocupant actitud d'alguns científics i tècnics de les Universitats Catalanes que realitzaren anàlisis de les mostres per encàrrec de l'esmentat Servei de la Generalitat de Catalunya.

Una mostra d'aquesta actitud va ser la mantinguda per uns científics i tècnics en una Taula-Rodona-Debat, organitzada pel Butlletí de la Universitat Politècnica de Catalunya pocs dies després d'haver ocorregut l'accident i que sota la coordinació del periodista Josep català, va tenir loc al Rectorat de la U.P.C. En aquest Debat es justificaren actituds d'ocultació d'informació a la opinió pública. Actituds rebutjables en el si de qualsevulla societat que es pretengui democràtica.

Per això, reclamem des d'aquest Fòrum, la publicació immediata per part del Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives de la Direcció General d'Energia del Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya, per part dels laboratoris de les Universitats de Barcelona, Autònoma i Politècnica, les següents dades:

* la relació exhaustiva de totes les mesures realitzades en aire, aigua, sòl, aliments i altres, explicitant la data de recollida de la mostra, el lloc de recollida, el producte analitzat, els radioisòtops mesurats i l'activitat detectada,

* la deposició total de Cesi-134 i Cesi-137 les diferents zones de Catalunya en el període de temps comprés entre la data de l'accident i el 31 de maig de 1986 (en Bq/m²), havent descomptat la part corresponent a l'aportació deguda a les proves nuclears realitzades fins l'actualitat,

* l'exposició a la radiació Gamma deguda a la deposició de tots els radionúclids, procedents de Txernòbil, sobre el sòl (en microRoentgen/hora) per a tota Catalunya),

* la deposició total de Iode-131 sobre el sòl a les diferents zones de Catalunya (en nanoCuries/m²),

* la dosi absorbida pel cos d'una persona deguda a la radiació Gamma emesa: a) pel núvol radioactiu que va sobrevolar Catalunya, b) per la inhalació de Iode-131 i c) pel Iode-131, el Cesi-134 i el Cesi-137 que irradien a lews persones des d'el sòl (en mRad),

* quin va ser el factor d'extra-dòsi rebuda (és a dir, en quina proporció va superar a la dosi considerada "normal" procedent de la radiació de fons natural) i durant quant temps ?,

* quin és el pla de seguiment que el Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives ha realitzat, des d'el 25 d'abril de 1986 fins ara, per a quantificar i valorar els efectes sobre els habitants de Catalunya de l'accident ocorregut a la C.N. de Txernòbil ?.

Esperant la resposta a totes aquestes questions creiem estar exercint el nostre Dret com ciutadans i ciutadanes a conèixer informació que afecta directament a la nostra salut.

G.C.T.P.F.N.N., a Barcelona el 31 de juliol de 1987.

6. TXERNÒBIL I CATALUNYA:

Petit dossier de premsa.

11/5/1986

Valores alejados de los límites de peligro

No existe riesgo radiactivo, según el Consejo de Seguridad Nuclear

EL PAÍS, Madrid

No existe riesgo para la población española tras el accidente en la central nuclear de Chernobil, en la Unión Soviética, y es "improbable" que en el futuro puedan darse alteraciones significativas de la situación como consecuencia de este accidente, según afirma el Consejo de Seguridad Nuclear en una nota difundida ayer.

La nota afirma que "este pronóstico se basa en que la concentración de sustancias radiactivas procedentes de Chernobil, que en España ha estado siempre lejos de los límites establecidos por las normas internacionales, disminuye rápidamente con el tiempo por desintegración de esas sustancias y dispersión de las que sobreviven en cada momento".

Según el Consejo "es importante referirse al yodo-131, puesto que los niveles establecidos para esta radisotopo son considerablemente menores que para los demás. El valor máximo de la concentración del yodo-131 en aire se ha encontrado en la provincia de Valencia el día 3 de mayo, donde ha sido 700 veces inferior al establecido como nivel sin riesgo para una permanencia de una semana; al día siguiente había descendido notablemente y a partir del día 6 no ha superado niveles que están 3.500 o 4.000 veces por debajo del límite. En la provincia de Tarragona el lí-

mite máximo alcanzado ha sido de 1.500 veces inferior al límite establecido. En el resto de España las concentraciones máximas han sido 3.500 veces menores que el límite establecido".

"La presencia del yodo-131 en su aire", prosigue la nota, "ha causado en España y en toda Europa preocupación por su incidencia en la comestibilidad de verduras y de leche y, en consecuencia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comunidad Europea (CE) han recomendado límites de la concentración admisible de yodo-131 en estos productos. "Los de la CE, más restrictivos que los de la OMS, son: para leche y lácteos: 500 bequerelios por litro. Para frutas y verduras: 350 bequerelios por kilo".

La contaminación radiactiva de estos grupos de productos en el litoral oriental español" dice el Consejo, ha dado valores, que se detallan en la nota y que están muy por debajo de los mínimos de seguridad.

25/5/86

Documentos del CSN reiteran la nula incidencia del accidente de Chernobil en España

EFE, Madrid

Documentos internos del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), a los que ha tenido acceso la agencia Efe, demuestran que las consecuencias del accidente de la central nuclear de Chernobil fueron prácticamente nulas en España. Dichos documentos muestran, asimismo, que pese a la parquedad de los datos divulgados tras la catástrofe, el CSN en colaboración con otros organismos hizo un seguimiento radiológico ex-

haustivo de su repercusión en España.

Desde el momento en que el CSN tuvo conocimiento del accidente se constituyó un grupo para interpretar los daños que provenían del extranjero. Con los datos obtenidos de este seguimiento exhaustivo, el CSN afirma que la tasa de exposición de España sigue sin sufrir variaciones significativas y que, en ningún caso, se ha hecho necesaria la adopción de medidas protectoras específicas.

El doctor que detectó el isótopo en la orina sostiene que deberían adoptarse acciones preventivas

La Generalitat confirma la presencia de Iodo radiactivo, pero asegura que no son necesarias medidas especiales

MILAGROS F. OLIVA, Barcelona

El Consejo de Seguimiento de Seguridad Nuclear de la Generalitat de Cataluña confirmó ayer a este diario la presencia de Iodo 131 procedente de la central nuclear de Charanhill en los niveles de agua y de aire analizadas en los últimos días, pero indicó que los niveles detectados no son peligrosos para la población. Según el Consejo, no está justificado de momento adoptar medidas especiales, aunque hayan sido descubiertas elevadas cantidades de Iodo 131 en la orina de 12 personas analizadas por el doctor Eduard Rodríguez Farré, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El investigador considera, sin embargo, que la presencia de Iodo 131 en la cadena alimenticia, por pequeña que sea la cantidad, constituye un riesgo, por lo que deberían adoptarse medidas preventivas.

El director general de Energía de la Generalitat, Pere Segarra, declaró ayer a EL PAÍS que el índice más alto de Iodo 131 en el aire se produjo, según los análisis efectuados por la Generalitat, el lunes día 5. La cantidad detectada fue de 0,12 becquerelios por metro cúbico de aire, lo que equivale a un 0,17% sobre la cantidad máxima tolerable establecida por la Comisión Internacional de Protección Radiológica para el personal profesionalmente expuesto al riesgo, que es de 70 becquerelios por metro cúbico.

Según Pere Segarra, los análisis practicados el sábado también detectaron la presencia de Iodo 131 en el aire, pero en proporción inferior. El director general no facilitó datos sobre las muestras de agua analizadas, que, según el investigador Eduard Rodríguez, es un medio no comparable, ya que, en determinadas condiciones, el agua de lluvia puede actuar como un factor de concentración de la radiactividad, al arrastrar las partículas dispersas en el aire.

Rodríguez Farré analizó muestras del agua de lluvia caída sobre Barcelona el sábado día 3 y detectó una contaminación global de aproximadamente 1.000 becquerelios por litro, de los que, según sus cálculos, unos 500 correspondían al Iodo 131. Tanto la Comisión Internacional de Protección Radiológica como la legislación española señalan que

la cantidad máxima tolerable en el agua de bebida para el personal profesionalmente expuesto es de 2.200 becquerelios por litro. En el caso de la población no sometida a riesgo profesional, la cantidad máxima tolerada es 10 veces inferior, es decir, 220 becquerelios. En este caso, es de suponer que el agua de lluvia no será ingerida directamente, por lo que los índices de contaminación disminuirán a medida que avancen a través de la cadena alimentaria, pero es, sin lugar a dudas, un indicador importante a tener en cuenta".

Análisis de orina

La importancia de este indicador lo llevó a analizar la orina de 12 personas de tres barrios de Barcelona, tomada durante 24 horas del domingo al lunes. El resultado fue la presencia clara de Iodo 131 en todas las muestras.

Sobre el significado de estos análisis, el director general de Energía declaró: "El hecho de que haya sido encontrado Iodo 131 en la orina de algunas personas no constituye ninguna sorpresa, puesto que desde el momento en que se detecta en el aire y en el agua, es previsible que pase a la cadena alimentaria. No conozco la metodología utilizada por el doctor Rodríguez Farré, pero puedo afirmar que los índices de contaminación detectados en el aire no han sido en



Eduard Rodríguez Farré.

ningún momento motivo de alarma ni justifican la adopción de medidas especiales. Lo cual no excluye, naturalmente, que si aumentasen los niveles de contaminación, pudieran adoptarse. Pero los índices están disminuyendo y no es previsible un aumento de la radiactividad".

El Consejo de Seguridad Nuclear de Madrid también consideraba ayer normal la presencia de Iodo 131 en la orina y precisaba que no implicaba riesgo para la salud. En el mismo sentido se pronunció el Departamento de Sanidad de la Generalitat.

El doctor Rodríguez Farré coincide en que los índices detectados hasta ahora son muy leves y, por lo tanto, no constituyen motivo de alarma. Pero discrepa totalmente de que no se adopten medidas preventivas: "El Iodo 131 es un isótopo radiactivo artificial, que no se encuentra normalmente en el medio ambiente, y, por lo tanto, los niveles de con-

taminación de este elemento en el aire, en el agua o en la orina, en condiciones normales, debe ser 0. Y cualquier cantidad por encima de esta cifra implica necesariamente un riesgo, cuyas consecuencias a largo plazo nadie puede predecir. Por lo tanto, si puede ser evitado ese riesgo, por infimo que sea, debe hacerse".

Científicos y políticos

El doctor Rodríguez Farré se suma a los muchos científicos que han cuestionado la validez de los índices de tolerancia. "Se trata de simples medidas administrativas pensadas para las personas profesionalmente expuestas. Una prueba de su relatividad es que han sido modificadas varias veces en los últimos años, siempre en sentido restrictivo. Y que mientras unos países consideran que para la población general es tolerable una cantidad 10 veces inferior que la de los trabajadores expuestos, otros dicen que debe ser 25 veces inferior. Y que a la hora de la verdad, países como Suecia, Dinamarca o Noruega han adoptado medidas preventivas con una contaminación muy inferior a la considerada tolerable".

El doctor Rodríguez Farré se pregunta también: "Si el índice máximo de tolerancia es 100, quiere eso decir que una persona sometida a 99 no sufre riesgo y otra sometida a 101 sí? Es absurdo". En el caso de la contaminación de Iodo 131 detectada en Barcelona, el doctor Rodríguez Farré afirma que nadie puede descartar efectos a largo plazo. "Las consecuencias sobre la población se calculan por un índice de probabilidades que, incluso en el caso de que sea muy bajo, tendrá mayores consecuencias cuanto mayor sea la población afectada. Con esto no pretendo hacer alarmismo. Sólo quiero decir que los índices de tolerancia, son más que discutibles".

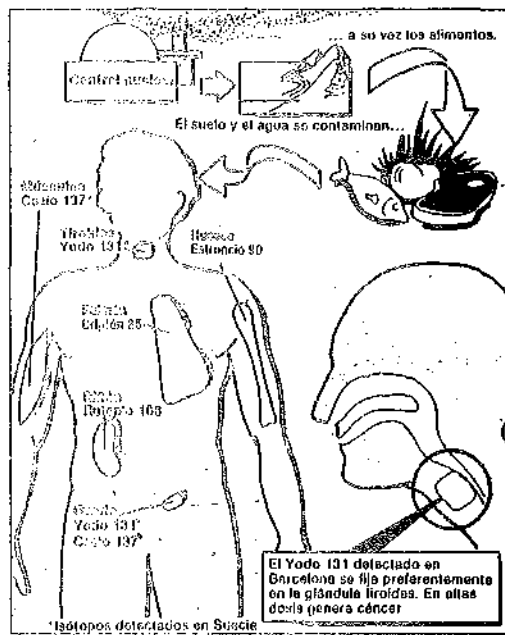
Un producto de fisión nuclear que se acumula en el tiroides

M.P.O. Barcelona
El Iodo 131 es un isótopo radiactivo artificial, que sólo se produce en una fisión o una explosión nuclear. Normalmente es transportado en forma de partículas a través del aire y se dispersa en el medio ambiente. La lluvia facilita su introducción en la cadena alimentaria, al depositarlo en las aguas de los ríos y en los pastos que toman los animales. La leche es uno de los primeros alimentos donde puede detectarse.

Cuando penetra en el organismo humano, el Iodo 131 se deposita exclusivamente en el tiroides. Esta glándula necesita el Iodo para ejercer sus funciones y actúa con una gran voracidad, de forma que absorbe todo el que le llega hasta alcanzar la saturación. Los habitantes de las regiones de interior padecen a menudo catoncias que motivan el aumento desmesurado de la glándula —bocio— para tener mayor capacidad de atracción.
El tiroides no distingue entre

el Iodo normal y el radiactivo, por lo que, en el caso de una contaminación accidental, absorberá todo el Iodo 131 que recibe, hasta quedar saturado, y lo irá eliminando poco a poco. Si la contaminación persiste, el grado de saturación se mantendrá, aunque se elimine por la orina una parte del Iodo absorbido. El Iodo 131 es uno de los isótopos radiactivos de vida más efímera: cada ocho días queda reducido a la mitad. De ahí la necesidad, según el doctor Eduard Rodríguez Farré, de actuar con celeridad para evitar la saturación del tiroides.

Al tratarse de una parte muy pequeña del organismo, cantidades relativamente reducidas pueden causar efectos cancerígenos a largo plazo. Una de las formas de prevención consiste en ocupar el tiroides con Iodo normal. En algunos países se suministran a la población pastillas o soboliones yodados durante varios días y en cantidades controladas. La automedicación puede tener efectos nocivos.



El Iodo 131 detectado en Barcelona se fija preferentemente en la glándula tiroides. En altas dosis genera cáncer.

El Iodo 131 se emplea con fines diagnósticos, para lograr una imagen, basándose en la emisión de radiaciones.

Ciencia

Chernobil elevó peligrosamente la radiactividad en Catalunya

La revista "Integral" denuncia la ocultación de información por parte de la Generalitat

Los informes del Consejo de Seguridad Nuclear sobre la radiactividad en España procedente del accidente de Chernobil revelan una gran contradicción entre las cifras y su valoración oficial. La revista *Integral* denuncia ocultación de datos

REDACCIÓN

■ Barcelona. — Catalunya es el territorio de la península Ibérica que más radiactividad ha recibido por el accidente de la central nuclear soviética de Chernobil. La revista de ecología *Integral* ha hecho públicos los datos de dos

informes del Consejo de Seguridad Nuclear y otro estudio del Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Barcelona. Según los datos que aportan, el suelo catalán se ha contaminado en algunas zonas por encima de lo permitido. Este resultado se traduce, a

juicio de los responsables de la revista ecológica, en que los ciudadanos han estado expuestos a contaminarse a través de la leche y algunas verduras, y que la Administración no sólo no ha hecho nada para evitarlo, sino que ha impedido que cada cual lo hiciera por su cuenta al ocultar esta información. Por este motivo piden la dimisión del conseller de Indústria, Joan Hortalà.

La radiactividad que aún hoy permanece en el suelo corresponde, según el informe, fundamentalmente a tres isótopos que

tardan mucho en desintegrarse: el rubenio 143, el cesio 137 y el estroncio 90. El yodo 131, el isótopo del que más se habló cuando hace dos meses se produjo el accidente nuclear, ya ha desaparecido, "aunque nos lo habremos comido durante todo este tiempo", explica uno de los autores del informe, Octavi Piulats.

Mediciones varias

En el suelo de San Sadurn de Noya se detectó, el 4 de mayo, 350 becquerelios por metro cuadrado

de yodo 131, cuando lo normal es que no haya. También se midió una radiactividad de 143 becquerelios por metro cuadrado de rubenio 103, cuando la normal es menos de uno; y 74 becquerelios por metro cuadrado de cesio 137.

La radiactividad total de los diferentes isótopos medidos en el estudio de la Politècnica en San Sadurn suman 630 becquerelios; en los terrenos de la Zona Universitaria de Barcelona, 330; en Viladecans, 429. El límite de peligrosidad dado por la Comunidad Económica Europea es de quinientos. La radiactividad natural oscila entre doce y veinte becquerelios, según las zonas.

Toda esa radiactividad detectada en el suelo también puede encontrarse en las verduras de hoja ancha y en la leche de las vacas que comieron pasto en ese suelo, pero las cifras que ofrecen los informes del Consejo de Seguridad Nuclear no detallan los días que se midieron ni la procedencia de esos productos. En uno de los informes, se indica también que, en la costa mediterránea, se habían medido 720 becquerelios por litro en agua de lluvia.

Medidas preventivas

Tras analizar los tres informes, los responsables de la revista *Integral* reclaman que la Generalitat y el Consejo de Seguridad Nuclear midan inmediatamente la radiactividad de los isótopos duros, no sólo en el suelo, sino también en todos los alimentos expuestos. Y exigen la adopción de medidas preventivas.

Sugieren que se dejen de consumir esos alimentos y que, en cambio, se fraigan a Catalunya los de las otras zonas de la península no afectadas por la nube radiactiva.

Grupos ecologistas afirman que persiste la contaminación radiactiva de los alimentos y exigen que se hagan públicos los datos 20/6/86

MILAGROS P. OLIVA, Barcelona. Tres grupos ecologistas catalanes —la Xarxa Ecologista y Alternativa, la Coordinadora per el Desarmament i la Desnuclearització Total, y el Comitè Antinuclear de Catalunya— y la revista *Integral* dieron a conocer ayer un informe, cuyos principales datos se publican en el último número de la revista, en el que se afirma que el nivel de contaminación alcanzado en Cataluña en los días posteriores al accidente de la central nuclear de Chernobil fueron más graves de lo que se dado a conocer.

Los grupos ecologistas afirman que continúan apareciendo elementos contaminantes en los alimentos y exigen que la Generalitat y el Consejo de Seguridad Nuclear realicen las mediciones pertinentes y hagan públicos los resultados. Los portavoces de los grupos añadieron que si las autoridades no facilitan la información, buscarán los medios para realizar ellos mismos las medicio-

nes y facilitar los datos a la población.

Aunque el Iodo 131 ha desaparecido prácticamente del todo de la cadena alimenticia, persiste la presencia, según los ecologistas, de cesio 137 y estroncio 90, que tardan 30 años en reducirse a la mitad. Los datos oficiales facilitados hasta la fecha sólo se refieren al Iodo 131 y aunque se ha reconocido también la presencia de los otros contaminantes, no se han dado cifras sobre el valor total detectado. Los ecologistas criticaron que las autoridades se hayan referido sólo al Iodo 131, cuando deberían haber sumado los otros contaminantes, cuyos efectos son aditivos.

Datos parciales

Octavi Piulats, autor, junto a Àlvaro Aliés, del informe presentado ayer, señaló como ejemplo de la falta de fiabilidad de la información facilitada por las autoridades

el hecho de que en los comunicados oficiales se hable de unos niveles de contaminación media, sin tener en cuenta que lo que importa son los valores absolutos de cada lugar en concreto.

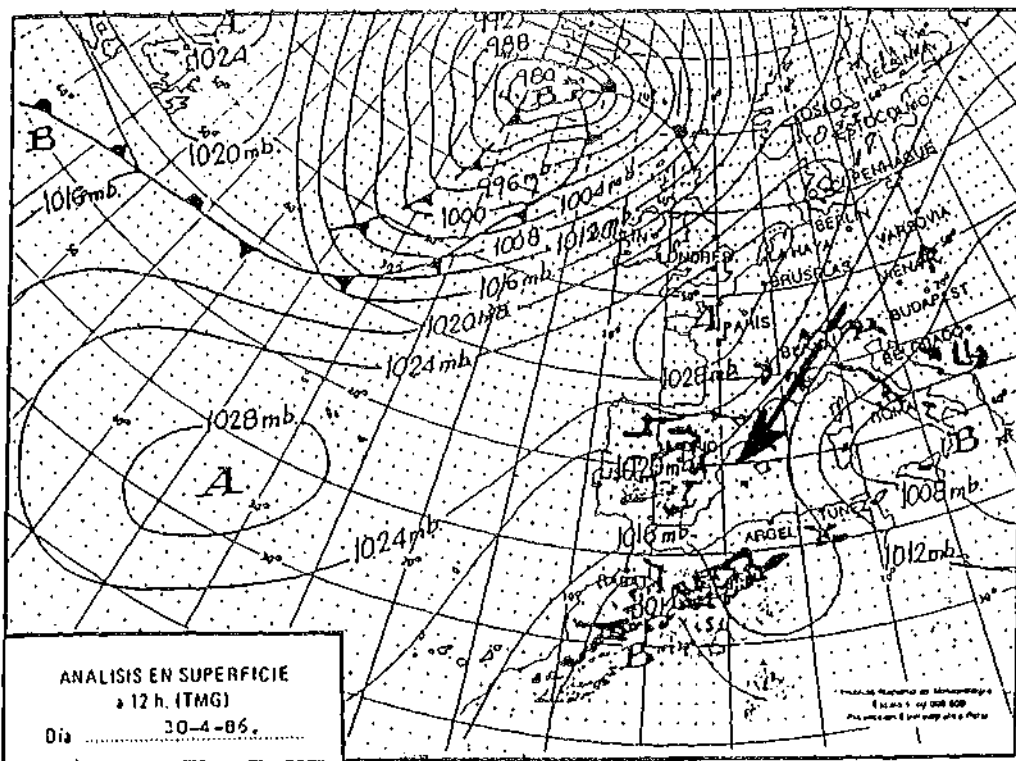
La información facilitada por el Consejo de Seguridad Nuclear, según los ecologistas, contiene importantes contradicciones y algunas ausencias significativas. Como ejemplo citaron que algunos de los datos de contaminación contenidos en el informe entregado por el doctor Xavier Ortega Arauburu, director del Instituto de Técnicas Energéticas de la universidad Politècnica de Catalunya, encargado de analizar las muestras y mediciones oficiales, no figuran en el informe hecho público por el Consejo de Seguridad Nuclear.

El informe del doctor Ortega incluye mediciones de Iodo 131, Rubenio 103 y 106, y Cesio 134 y 137 realizadas el día 4 de mayo en 16 poblaciones catalanas. Sumados todos los contaminantes, en Sant

Sadurn d'Anoia, por ejemplo, se alcanzaron 641 becquerelios por metro cuadrado de tierra, en Sant Andreu de la Barca 719 y en el área del Vallès 618.

Respecto a la contaminación de los alimentos, los ecologistas criticaron que sólo se hayan dado datos sobre el Iodo 131, puesto que si se hubieran sumado los otros contaminantes, las cifras hubieran sido muy diferentes.

Octavi Piulats señaló, sin embargo, que incluso teniendo en cuenta sólo ese isótopo, deberían haberse adoptado medidas preventivas: "En el Vall d'Aran se registraron 65 becquerelios por litro en el caso de la leche de vaca y 220 en la de oveja. En esas mismas fechas, las autoridades sanitarias del Estado de Hesse, en la República Federal de Alemania, gobernado por una coalición del Partido Socialdemócrata alemán y el Partido Verde, ordenaron la retención de toda la leche que tuviera más de 20 becquerelios por litro".



Mapa meteorològic de superfície corresponent al dia 30 d'abril del 1986, on es posa clarament de manifest l'entrada d'aire del NE a les zones mediterrànies espanyoles i, amb ell, d'un "núvol radiactiu"

Les radiacions de Txernòbil controlades a Catalunya per l'INTE

Organisme de referència pel que fa a mesuraments radioactius, reconegut com a tal pel Consell de Seguretat Nuclear (estatut) i encarregat per la Generalitat de Catalunya del control del pla de vigilància radiològica de les centrals de Vandellòs i Ascó, l'Institut de Tècniques Energètiques (INTE) de la UPC, ha anat desenvolupant, des de final del mes d'abril, tot un seguit de controls i anàlisis sobre les repercussions que, a Catalunya, ha pogut tenir la catàstrofe de Txernòbil.

Les gairebé tres-centes anàlisis de terres, aigües, flet i vegetals d'arreu de Catalunya que fins ara ha realitzat l'equip dirigit pel professor Xavier Ortega, permeten dir que les dosis de radionúclids que han arribat fins a nosaltres no es poden considerar perilloses, ni tan sols preocupants. «Millor — afirma el professor Ortega — però, ultra les conclusions que puguem treure'n d'aquesta recerca, hem pogut, i ens hem pogut demostrar, que tenim recursos humans i l'aparellatge adequat per fer front a qualsevol episodi d'aquest tipus. Perquè — afegeix — hi havia també el problema que les radiacions venien de fora del nostre territori».

Detectors sofisticats

El cor dels processos analítics que s'han fet — i continuen fent-se — a l'INTE, rau en els aparells d'espectrometria γ i de detecció β -total i α -total de què disposa. Per cert que totes elles es troben en un recinte protector les parets del qual són d'un metre i mig de gruix, tot en formigó, per tal de poder fer mesuraments exactes, qualitius i quantitatius, de les emissions β i γ .

De manera intencionada, les dades obtingudes es refereixen tant a la presència d'isòtops radioactius naturals, com ara el K-40, el Pb-214 o el Bi-212, entre d'altres, com als isòtops artificials, la presència dels



Estació recollidora de pols atmosfèrica situada al terrat de l'INTE

quals cal atribuir al núvol que procedent de Txernòbil va arribar a Catalunya. Des del I-131 fins el Ru-103, un total d'onze radionúclids han estat detectats i valorats, dia a dia, les tres setmanes següents de la catàstrofe i amb periodicitat més gran fins avui mateix.

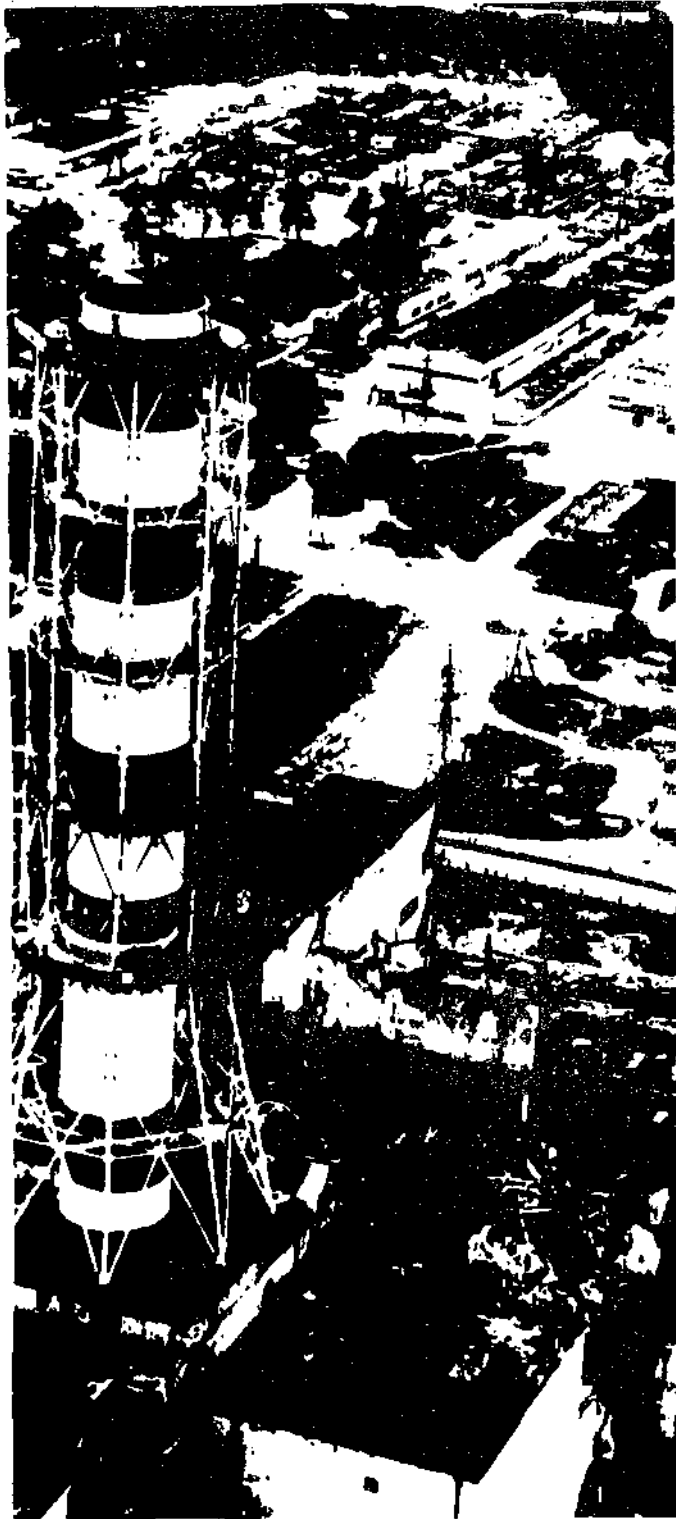
Val a dir que, seguint la norma habitual, moltes de les activitats isotòpiques analitzades ho són en referència al I-131, isòtop aquest que és el predilecte per a fer mesuraments d'aquesta mena, perquè passa molt fàcilment de la font radioactiva a l'atmosfera, perquè és abundant al núvol posterior i perquè el seu període de semidesintegració no és curt ni llarg: vuit dies, cosa que permet fer-ne un bon seguiment. A més, com és sabut, pot arribar amb facilitat a la lliure humana a través de la

cadena tròfica, constituint-se en un poderós agent carcinogènic.

Deu són els principals isòtops artificials a detectar: I-131, I-132, Cs-137, Te-132, Cs-134, Ru-103, Sr-90, Sr-89, C-14 i H-3, emissors tots ells de radiacions β , i també de radiacions γ els sis primers i el Sr-89.

Pel que fa als materials analitzats, la llet ha estat el més nombros en nombre de mostres, seguit de les terres, l'aire, els vegetals comestibles, les herbes i les aigües de consum, a més de mostres facilitades per la Generalitat i d'altres organismes, com la Societat General d'Aigües de Barcelona (cabal del riu Llobregat) o diverses centrals lliteres gironines.

Encara que de manera no pas greu, i contràriament al que, si més



no als primers moments, van afirmar determinats membres de l'Administració central i de l'autonòmica, els efectes de la fuïda radioactiva soviètica han tingut incidència a Catalunya. Les anàlisis d'activitat del I-131 a l'aigua i a l'aire, i del Ru-103 al mateix aire, fets per l'INTE, no admeten controvèrsia. Per exemple: el dia 5 de maig, a l'aigua potable de Barcelona s'hi detectaven 2,95 bq/l de I-131, quantitat que va anar disminuint fins els 0,06 del dia 22 del mateix mes...

Limits variables

Fent comparances de la radioactivitat detectada a Catalunya als primers quinze dies de maig, amb les enregistrades a d'altres països medi-

terrànis, Itàlia, per exemple, es comprova que els valors assolits al Principat són certament baixos.

La següent relació en dóna una idea:

	Itàlia ^(*)	Catalunya ^(*)
Aire (bq/m ³)	Nord - 1,11 Centre - 0,74 Sud - 0,74	0,20 (Ribera d'Ebre)
Vegetals (bq/kg)	N- 3996 C- 1184 S- 962	140 (Girona)
Llet (bq/l)	N- 444 C- 222 S- 353	67 vaca (Girona) 220 ovel·la (Alt Empordà)

(*) Valors màxims. Són referits a I-131
(**) Dades referides al dia 9 de maig

Els números, però, diuen ben poca cosa si no es pren com a referència un valor fix que indiqui perillositat o,

si més no, alerta. Malauradament, gairebé cada Estat treu els seus propis valors-límit, que resulten de ponderar diverses constants físiques, biològiques i, adhuc, la pressió social respecte al tema nuclear... La veritat és, doncs, que el que resulta tolerable per un país, pel seu veí es intolerable, i d'aquí la confusió i el tira i al·luixa entre els mateixos membres de la CEE pel que fa al comerç de verdures i llet, després de l'accident de Txernòbil.

Alemanya, per continuar amb la referència anterior, permet la comercialització de vegetals mengívols amb una activitat màxima referida a I-131, de 250 bq/kg; però les normes de la CEE — a la qual pertany Alemanya — situen aquest límit a 350 bq/kg. Contràriament, la CEE fixa per a la llet un màxim de 500 bq/l, i en canvi a Itàlia és de 1.000 bq/l... Pels valors enregistrats a l'aire, se sol fer cas de la norma nord-americana 10CFR-20, que fixa el límit màxim d'activitat en 3,7 bq/m³.

Pel que fa a Espanya, existeix certament una normativa. Però, tal com diuen els especialistes, «és incompleta i està plena d'insuficiències».

■ Primeres conclusions

Malgrat que encara s'està en un procés de recollida de dades, per tal d'arrodonir l'estudi sobre les repercussions de l'accident de Txernòbil a Catalunya, les investigacions desenvolupades fins ara a l'INTE permeten d'establir les conclusions següents:

1. — La contaminació va arribar a Catalunya en un segon núvol radioactiu, diferent del primer núvol que va circular cap als països del nord d'Europa. Aquest segon núvol va afectar les zones mediterrànies espanyoles a partir del dia 30 d'abril.

2. — Concretament a Catalunya, el dia 3 de maig la major part de la contaminació present a l'atmosfera es va dipositar a terra a causa de la pluja. Aquest fet va elevar els índexs de radionúclids als vegetals de fulla ampla, a la llet i a la mateixa terra, sense que en cap moment, però, es registressin valors com els d'Itàlia.

3. — El I-131 va detectar-se a l'atmosfera com un aerosol de dimensions importants, de manera que podia recollir-se amb paper de filtre a causa de la grandària de les partícules.

4. — S'han trobat radionúclids de període de semidesintegració molt curt, sobretot a la pluja esmentada, cosa que vol dir que el segon núvol va venir directament a la nostra zona des de la regió de Txernòbil i, a més, amb gran rapidesa.

■ Glossari d'unitats

becquerel (bq). — Unitat d'activitat radioactiva. Equival a una desintegració per segon.

curie (cu). — Unitat d'activitat radioactiva. Equival a $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegracions per segon. Poc utilitzada actualment, és substituïda pel becquerel.

rad. — Unitat de dosi radioactiva. Correspon a l'absorció de 100 ergs d'energia radiant per un gram de substància.

rem. — Unitat de dosi radioactiva. És l'acrònim de *Roentgen equivalent man*. Equival a la dosi de radiació que ha d'absorbir un ser humà per tal que els danys biològics que li ocasioni siguin els mateixos que 1 rad de raig X de 250 kilovolts.

sievert (sv). — Unitat de dosi de radiació. Equival a 100 rems, a 8,36 roentgens i a 21,5 cu/kg.



Laboratori d'anàlisi de baix fons ambiental, adequat per a deteccions



Unitat multicanal de l'anàlitzador

Josep Català



TAULA RODONA

Txernòbyl, una lliçó nuclear que porta cua

El nom de Txernòbyl ha deixat d'esser el d'un llogaret desconegut d'Ucraïna, des del 26 d'abril proppassat. Un greu accident al reactor número 4, tipus RBMK, de la central nuclear que hi ha instal·lada, ha estat la causa d'una popularitat no desitjada. Pel cap baix, i segons les xifres oficials de les mateixes autoritats soviètiques, cal parlar de vint-i-sis morts per efectes de l'alta dosi de radiació directa rebuda, de centenars de víctimes hospitalitzades i de més de cent mil habitants de la rodalia que han hagut d'abandonar les seves cases i les terres de conreu. A més, controls radiològics dins i fora de l'URSS, viandes destruïdes i un etcètera molt llarg fan impossible d'avaluar el cost econòmic d'un accident que les estadístiques consideraven —consideren encara?— com allò més improbable, sense perdre de vista ni un moment les patologies que anys a venir es produiran de manera dispersa i que lindran com a causa el desastre de Txernòbyl.

Tecnologia deficient? Poques mesures de seguretat? Potser el preu que cal pagar a la tecnologia nuclear? Sens dubte, tota discussió a l'entorn de l'accident d'aquell reactor condueix a poc a poc a plantejaments socio-filosòfics sobre les maneres d'entendre el progrés humà. A més, és clar, de l'enfocament purament tècnic.

El «Bul·letí UPC» ha volgut oferir una versió seriosa i tècnicament fiable del que ha estat aquest desastre. Els especialistes convocats han procurat —per pròpia voluntat de quasi tots ells— no moure's del terreny tècnic, però una certa dosi de reflexió filosòfica no hi ha estat absent. En la taula rodona han participat els professors Josep Costa i López, degà de la Facultat de Quími-

ca i catedràtic d'enginyeria química de la Universitat de Barcelona; Xavier Tejada, catedràtic de matèria condensada, de la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona; Xavier Orlega i Aramburu, director de l'Institut de Tècniques Energètiques de la UPC i catedràtic de tècniques energètiques de l'ETSEI; Josep Puig i Boix doctor enginyer industrial i adjunt de Recursos Energètics a la UAB i membre del moviment ecologista de Catalunya, i el senyor Ricard Granados i Garcia, enginyer industrial i llicenciat en ciències econòmiques, agregat a la direcció de FECSA

i que com a secretari tècnic ha treballat a les centrals nuclears de Vandellòs-I i Ascó-II i III.

Canvis de forma

Segons que han informat els mitjans de comunicació, alguns Estats europeus s'han plantejat molt seriosament, després del greu episodi de Txernòbyl, si continuar o donar per acabat el camí de la producció d'electricitat d'origen nuclear. Si l'estatus actual pel que fa a aquest recurs energètic continuarà igual o hi haurà canvis radicals és, doncs, un primer lema a discutir a la taula rodona. Amb més o menys vehemència, tots els ponents, amb l'excepció de Puig i Boix, estant convençuts que, malgrat les conseqüències de l'accident, la producció elèctrica nuclear no minvarà. Per dir-ho molt resumidament: hi haurà canvis en la forma, però no pas en el fons.

«Que hi ha hagut canvis és prou evident, si més no pel que fa al fons de radiació», apunta Orlega, per qui l'accident forçarà les autoritats dels diferents països a revisar plans de seguretat i les mateixes indústries nuclears «a introduir modificacions en alguna tecnologia, que potser no seran espectaculars, però es faran». Costa López hi està d'acord «perquè la experiència ensenya i això ha estat un cop fort. La tecnologia de disseny no hi ha dubte que s'accelerara». Que «l'impacte ha estat més de caire sociològic i psicològic, que no de tecnologia» és l'opinió de Ricard Granados per qui «el fet de Txernòbyl, com el que va succeir a Three Miles Island, a Harrisburg, són lliçons que s'apliquen als nous productes. Igual que va passar —afegeix— a la indústria química arran de Seveso o Bhopal, posem per cas».

Puig i Boix, per contra, està convençut que «els canvis més importants són els que es deriven de les anomalies que continuament es detecten en el funcionament "normal" de les centrals. Als Estats Units —apunta— no es ven cap central nuclear des de l'any 1970...». Puig aqala també la via humanística d'anàlisi de l'accident per preguntar «fins a quin punt és ètic experimentar els efectes de baixes dosis de radia-

«Fins a quin punt és ètic experimentar amb els efectes de baixes dosis de radiació sobre les poblacions?»



Josep Puig

«Harrisburg va ser pitjor, però la seva millor tecnologia va permetre reduir les conseqüències al mínim»



Ricardo Granados Garcia

cions sobre la població, que no pot fer res efectiu contra això». Tejada hi afegeix que «malgrat la sofisticada tecnologia que envolta les instal·lacions nuclears, una vegada més s'ha posat de manifest la fragilitat del cor mateix de la tecnologia nuclear».

Evitar els maniqueïsmes

Així doncs, centrals nuclears sí, o centrals nuclears, no? «Dir que la fissió atòmica és nefasta o perillosa és un plantejament utopista. Suprimir tot el que faci referència al tema nuclear és impossible a escala mundial», creu Ortega, que considera que no té raó de ser l'establiment de maniqueïsmes bo/dolent, «perquè efectes perniciosos succeeixen també amb la combustió del carbó, per exemple, i les pluges àcides en són una bona mostra».

Tejada hi està d'acord, si bé considera que «molta part d'aquest maniqueïsmes prové de les mateixes administracions, per les quals tot el que es refereix a obtenir electricitat nuclear és bo, i les discrepàncies són dolentes». De fet —reflexiona en veu alta— no hi ha una seguretat total en res». Més pragmàtic, Costa: «com a ciutadà hauria de pensar-ho... però com a científic progressista no puc tancar mai una porta al progrés»; un progrés —o una manera d'entendre'l— que mereix la intervenció de Puig, per qui caldria que els científics i tecnòlegs es plantejessin a fons el mateix concepte de progrés abans de començar a portar a la pràctica els seus treballs. Costa ho rubrica tot amb una afirmació: «Àtoms per a la pau? Sí». Puig en disseny «perquè hi ha un trasllat militar i militarista en tot el cicle nuclear».

De fet, les contínues invitacions a incloure una bona dosi de filosofia de la ciència, i àdhuc d'anàlisi sociològica, que Puig llança una i altra vegada al debat, no acaben de ser recollides per tots els ponents, pels quals l'afar de Txernòbil pot i ha d'esser analitzat —si més no a la taula rodona— des del punt de vista estricte i tècnic. Això condueix a la consolidació d'un nucli majoritari

«Com a científic progressista no puc tancar mai la porta al progrés»



José Costa Gómez

d'opinió favorable a l'energia nuclear, per bé que amb garanties i respecte per a la població.

Però aquesta coincidència no comporta, en absolut, una mateixa línia d'anàlisi de la catàstrofe. I així, les discrepàncies apareixen en valorar les causes que feren possible l'accident de la central soviètica.

Costa i Granados coincideixen que el factor últim pot raure en la tecnologia obsoleta del reactor de Txernòbil on «faltaven mesures de seguretat, perquè actualment hi ha sistemes tècnics per a parar els fets que varen succeir-se». Més contundent, Granados expressa que «l'accident de Harrisburg va provocar la fusió del 70 per cent del nucli del reactor, però gràcies que la seva tecnologia era bona, els riscos calculats de morts totals només són d'una persona, com a danys previstos». I assegura que «l'accident de Txernòbil no representarà cap canvi important per a les centrals occidentals, més perfeccionades que les soviètiques».

Ortega no ho creu així. «La tecnologia soviètica no és barroera —diu— i creure-ho és un gran error. Txernòbil és una central moderna i la tecnologia RBMK té solvència i ha estat molt experimentada. Certament —afegeix— no tenien edifici de contenció, però també hi ha centrals occidentals que no en tenen. També és fals que no existissin mesures de seguretat. El que va succeir —prosegueix— és que com de semblant amb el fet de Harrisburg: van registrar-se concatenacions de diversos factors imprevisibles o amb possibilitat estadística molt remota, des d'una manca de refrigeració fins a reaccions químiques diverses que van conduir a una explosió i un incendi... Fins i tot, el tipus de fuga ja s'havia donat molts anys abans a la planta britànica de Windscale; és clar que en aquesta van escapar-se'n 20.000 curis i a Txernòbil han estat milions de curis».

Negligència espanyola

Immediatament després de l'accident, l'anomenat núvol radioactiu va

enlairar-se fins a més de mil metres d'altura, segons que ha calculat Ortega. Aquesta alçada faria possible que els isòtops radioactius poguessin arribar a països llunyans, com de fet va detectar-se. «Amb quin dret s'han introduït una altra vegada substàncies tan perilloses a les cadenes tròfiques?» es pregunta Puig. Granados, com volent treure ferro a la presumpta culpabilitat innata a l'energia nuclear, li respon: «I amb quin dret l'home ha canviat la vegetació de la Terra? I amb quin dret estem enviant enormes quantitats de diòxid de carbó a l'atmosfera?»

El núvol radioactiu, per bé que debilitat, va arribar també a l'Estat espanyol, on el Consell de Seguretat Nuclear, la direcció general de Protecció Civil i el ministeri de Sanitat són els tres organismes estatals competents per a valorar i trobar solucions a aquestes emergències. De fet, la Generalitat de Catalunya no té davant aquests episodis competència plena, encara que pot actuar com a una mena de delegació.

Tejada, des de la càtedra de matèria condensada, i Ortega, des de l'Institut de Tècniques Energètiques, van portar a terme una exhaustiva seqüència d'anàlisi, de les qual van ser coneixedors els responsables del departament d'Indústria del govern autonòmic, a més d'altres entitats ciutadanes que els demanaren informació i consell.

Els ponents de la taula rodona confirmen, amb les dades a les mans, que els nivells de radioactivitat a Catalunya en cap moment no van ultrapassar els límits de perillositat, per bé que registraren en alguns moments notables augmentos. Però es manifesten preocupats i dolguts, si més no, els dos que van portar a terme els treballs de recerca, perquè «en cap moment, el Consell de Seguretat Nuclear espanyol no s'ha posat en contacte amb nosaltres, ni que sigui per telèfon, per tal de consultar-nos o informar-nos dels nivells registrats arreu d'Europa», indica Ortega i confirma Tejada. «Ni d'Espanya van tenir cap informació oficial», afegeixen...

Hi ha coincidència a afirmar que «la societat espanyola havia d'estar perfectament informada de l'evolució del fet. I si les autoritats creien que no estava preparada per a saber i interpretar correctament la veritat, un bon camí era consultar els estaments universitaris i articular una política informativa correcta i conjunta; però no...». «Sabeu com vam seguir nosaltres les variacions de les doais radioactives arreu d'Europa?» pregunta Ortega. I respon: «Doncs, comprant cada dia tots els diaris italians que podiem, perquè les dades que oferien diàriament eren totals i exhaustives. No, realment, el Consell de Seguretat Nuclear no ha actuat amb l'eficàcia i la coordinació que caldria desitjar», pensa en veu alta.

I són els mateixos ponents que, cloent la taula rodona, deixen a l'aire una pregunta, interessats que algú els doni resposta: «Per què aquest repetit recel i falta de confiança del Consell de Seguretat Nuclear envers l'estament universitari espanyol?»

Josep Català

«El Consell de Seguretat Nuclear no ha actuat amb l'eficàcia i la coordinació desitjables»



Xavier Ortega

«Una vegada més, s'ha posat de manifest la fragilitat del cor mateix de la tecnologia nuclear»



Javier Tejada



El tord s'ha convertit en vector involuntari de la contaminació radioactiva

Els ocells contaminats amb cesi, una ruleta russa per als caçadors

Ramon Jujol

Vint-i-sis ànecs, deu fotes, dues polles d'aigua, cinc estornells, vuit tudons i cent quaranta-sis tords, capturats a Catalunya i a l'illa de Mallorca, han estat analitzats per investigadors de la Càtedra de Vertebrats de la Facultat de Biologia i del Laboratori de Radiacions de la Universitat de Barcelona. L'objectiu: determinar el nivell de contaminació radioactiva que podien presentar els ocells migradors, que, arribats del centre i nord d'Europa, passen l'hivern a casa nostra. Els resultats obtinguts són, sovint, sensiblement més elevats pel que fa a continguts d'isòtops radioactius que els publicats en aquestes pàgines la setmana passada i que havien estat detectats per l'equip del professor Xavier Ortega, director de l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Aquest Institut, i dins el seguiment que fa de les conseqüències de l'accident de la central nuclear de Txernòbil, havia analitzat 35 ocells migratoris per encàrrec de la Generalitat; en alguns exemplars va trobar 200 becquerels per quilo, en un cas 419. Aquests nivells punta eren considerats «preocupants» perquè els caçadors podien haver menjat aquest ocells.

Però els investigadors de la Facultat de Biologia —Gustau Llorente, Xavier Ruiz i Julià Jover— i del Laboratori de Radiacions —Alberto Fernández i Isidor Ferrán— han trobat en alguns tords analitzats concentracions d'isòtops de cesi 134 i cesi 137 que arriben als 400 becquerels per quilo, índex que, per una simple regla de tres, caldrà considerar «doblement preocupant». Aquesta vegada, els científics han treballat per iniciativa pròpia, amb independència de l'Administració.

Migracions ben conegudes

Segons expliquen Gustau Llorente i Xavier Ruiz a l'AVUI, l'informe que han realitzat té punts de força interès: «Hem estudiat ocells que es reproduïxen en països que han estat força afectats per la contaminació de Txernòbil i que, en arribar la tardor, es desplacen a la península Ibèrica per passar-hi l'hivern. Tot i que hem analitzat cent noranta-set exemplars de diferents espècies —afegeixen—, l'estudi l'hem centrat en el tord (*Turdus philomelos*), perquè les seves rutes migratòries són ben conegudes i perquè n'hi ha un consum humà important en alguns indrets. Només a la comarca del Montsià es cacen i mengen uns cent mil tords a l'any».

Una altra conclusió a què han arribat els biòlegs de la Càtedra de Vertebrats és que «els nivells de radioactivitat detectats varien molt d'un exemplar a l'altre, com de fet ja esperàvem, ja que els tords autòctons, que es reproduïxen a Catalunya i no migren, presenten concentracions molt més baixes d'isòtops de cesi, de l'ordre de 5 becquerels per quilo; però els ocells migradors, entre els quals també hi ha diferències en la seva radioactivitat, tenen un valor mitjà que voreja els setanta becquerels per quilo. I, això sí, els exemplars més contaminats són sempre les femelles, perquè aquestes són més mòbils que els mascles, i per tant vénen de més lluny, de zones situades molt al nord i a l'est d'Europa, que van ser precisament les àrees més afectades per l'accident».

I la tardor vindrà?

Gustau Llorente i Xavier Ruiz creuen que els consumidors habituals de tords han continuat menjant aquests ocells en la mateixa quantitat que d'altres anys. Per ells aquest és un problema de salut pública: «A nivells baixos, la radioactivitat no té efectes immediats sobre l'organisme i, a més, el seu efecte pot variar molt d'una persona a altra. És per tant difícil d'avaluar les conseqüències que es poden derivar del consum d'aquests ocells. Però —afegeixen—, tenint en compte tots els factors i que un 5 per cent dels ocells analitzats tenien concentracions radioactives per damunt dels 200 becquerels per quilo, sembla que el més sensat hauria estat prohibir totalment la caça d'aquests animals al territori català». La Generalitat no ho va fer, tot i que tenia les dades dels laboratoris a la seva disposició. Si que ho han fet, per exemple, al nord d'Itàlia, a Alemanya o a Mallorca.

Els tords comencen ja ara a marxar per reproduir-se; però tornaran la tardor vinent amb la seva càrrega radioactiva i, per tant, s'haurà de fer un seguiment per veure com evoluciona la qüestió. No és un problema només d'un any —expliquen els especialistes consultats— perquè, de fet, els organismes vius eliminen el cesi 137 del seu cos a poc a poc, de manera que la vida biològica mitjana d'aquest isòtop és d'uns cent dies. És a dir, que als cent dies només els queda la meitat de cesi 137 que se'n detecta inicialment. Però els tords que ara van a les zones on fan el niu tornaran a incorporar noves dosis d'aquest i d'altres isòtops, perquè allà la seva cadena alimentària també conté radioactivitat. I, la tardor vinent, les transportaran de nou a la península Ibèrica.

societat, avui



L'accident de la central soviètica de Txernòbyl compleix avui el seu primer aniversari. Molts països en van quedar afectats i encara ara n'arrosseguen les conseqüències. Les previsions de mortalitat són alarmants i Catalunya va ser una de les zones de tot l'Estat que més va sofrir els seus efectes.



Malgrat els controls de contaminació que es realitzen, la radioactivitat provocada per l'accident persisteix en gran part de les zones afectades

La catàstrofe de Txernòbyl encara afecta Catalunya un any després

Una borrasca va portar el núvol radioactiu des de l'URSS

A Europa hi haurà més de 370.000 càncers arran de l'accident

L'Empordà, el Gironès i el Montseny, els més afectats

A les Illes i el País Valencià també va arribar molta radiació

Avui es compleix el primer aniversari

AVUI
BARCELONA — Avui es compleix un any de l'accident de la central nuclear soviètica de Txernòbyl i els efectes de l'ona radioactiva que va provocar encara es noten a Catalunya i a la resta de l'Estat espanyol. Malgrat que els informes sobre les repercussions de l'accident a Espanya, presentats en l'àmbit estatal pel Consell de Seguretat Nuclear (CSN) i en l'àmbit de Catalunya pel Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives de la Generalitat, minimitzen les conseqüències i els efectes de la radiació, diversos informes indiquen que els nivells de contaminació van ser més alts que els que es van difondre i que continuaran afectant tot el territori durant molt de temps.

Així, per els trenta anys vients es calcula que a Espanya es produiran 370 càncers mortals i uns altres 370 de no mortals, a més de 15 casos de leucèmia. Un vuitanta per cent d'aquests casos és aplicable a la zona de Catalunya, el País Valencià i les Illes, ja que van ser els territoris més afectats. Això es desprèn d'un estudi realitzat pel professor J.W. Coifman, de la Universitat nord-americana de Berkeley, tal com ja va avançar l'AVUI en un article publicat el 25 de febrer passat. Pel que fa a Catalunya, les comarques més afectades van ser l'Alt i el Baix Empordà, el Gironès i la zona del Montseny. Segons l'estudi de què parlàvem, durant els pròxims trenta anys a Europa es registraran uns 370.000 càncers mortals i

no mortals, i un nombre indeterminat d'afectats per leucèmia, entre 13.000 i 19.000. A més, el prestigiós metge americà Robert Gale ha dit que es preveuen entre 2.500 i 75.000 morts suplementàries de càncer arreu del món durant els propers cinquanta anys. Gale va afegir que d'aquestes possibles víctimes, un quaranta per cent seran residents a l'URSS, un cinquanta per cent seran europeus i la resta seran afectats de l'hemisferi nord.

L'informe de la Generalitat

A final de juny de l'any passat la Generalitat de Catalunya va editar un informe titulat *Primeres estimacions sobre la incidència a Catalunya de l'accident*

de la central nuclear de Txernòbyl, en el qual es detallaven els estudis realitzats sobre el fet i les mesures adoptades. En l'informe s'afirmava que els nivells de contaminació enregistrats eren superiors als que s'esperaven, que l'ona radioactiva va arribar al Principat per mitjà d'una borrasca entre els dies 2 i 6 de maig i que va afectar preferentment les zones on va ploure. També s'indicava que els radioisòtops detectats amb un major índex de concentració van ser el iode-131, el cesi-137, el plutoni-103 i altres de vida curta. Entre altres coses, es destacava també que la concentració s'havia establert per sota dels límits màxims establerts. Aquests límits són 500 becquerels per litre en els productes lactis i 350 becquerels (bq)

per quilo d'aliments. Malgrat tot, representen índexs tolerables, bé que no per això deixen de ser perillosos.

Radioactivitat a Girona

El 26 de maig passat la Comunitat Europea va rebalçar aquests límits a 125 bq/l per a la llet i a 90 bq/3 quilo per a la fruita. Això contrasta amb els índexs enregistrats a Girona per la mateixa Generalitat, que indicaven uns valors de 451 bq/3 quilo en els vegetals, 640 bq/m³ en el sòl, 106 bq/litre en els productes lactis i 147 bq/quilo en les verdures. Aquestes xifres augmentarien d'un trenta per cent si es tinguessin en compte tots els isòtops, ja que solament es van an-

alitzar els de iode-131. Per encàrrec del departament d'Agricultura de la Generalitat, a final de l'any passat l'Institut de Tècniques Energètiques va analitzar 35 ocells migratoris. En aquests ocells es va trobar cesi-134 i 137. Els tords tenien poc menys de 200 bq/quilo i en un estornell en van registrar més de 200. El CSN també va elaborar un informe sobre els efectes de Txernòbyl en el qual es deia que els índexs enregistrats eren inferiors als establerts per les normes. Malgrat tot, durant els anys vinentis encara es rebran radiacions, en dosis petites, d'1 o 2 bq/3 quilo. I, a més, les pitjors conseqüències d'aquest fet, és a dir, les que afecten la genètica, no es podran saber fins d'aquí a uns trenta anys.

La revista d'ecologia «Integral» dedica un número monogràfic a aquest fet

integral



AVUI
BARCELONA — La revista *Integral*, especialitzada en qüestions d'ecologia, salut i vida natural, ha editat un número especial dedicat a commemorar el que s'ha considerat no solament l'accident més greu de tota la història de l'ús pacífic de l'energia nuclear, sinó el de conseqüències més perdurables per al futur de la humanitat, a causa de l'impacte radioactiu que sofriran les generacions futures.

Un equip d'especialistes ha redactat un llarg informe que explica els detalls de com es va produir l'accident a la planta ucraïniana, de com es va dispersar per tot Europa el focs radioactiu fins arribar a Catalunya i la resta d'Espanya pocs dies després, el 5 de maig, i de quins són els efectes de la radioactivitat.

La tercera part del dossier —tot ell il·lustrat amb fotografies, mapes i quadres estadístics del nombre de víctimes previstes a Europa a causa de l'accident— és dedicat a valorar la situació de l'energia nuclear a Espanya.

Els verds afirmen que s'estan amagant els resultats de les anàlisis

AVUI
BARCELONA — Arran del primer aniversari de l'accident de Txernòbyl, l'organització política ecologista Alternativa Verda continua reclamant als centres de recerca dependents de la Generalitat els resultats de les anàlisis fetes sobre aigua, atmosfera, fauna, flora i productes alimentaris de Catalunya, perquè volen saber la dosi que poden tenir dels diversos isòtops radioactius que van alliberar-se del reactor accidentat.

Des de final de setembre les petici-

ons s'han adreçat a l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya, organisme que treballa per al Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives de la Generalitat, i també als departaments d'Agricultura i d'Indústria i a l'àrea de sanitat de l'Ajuntament de Barcelona.

Per Alternativa Verda, la informació aportada per aquests organismes no és suficient per tenir un coneixement exacte i exhaustiu de l'increment radioactiu que hi hagi pogut haver a Catalunya a partir de l'accident.



¿Actuen les aus com a mitjà de transport de la radioactivitat de Txernòbil?

En el present article no ens proposem aportar informació nova respecte al tema tan controvertit de l'accident nuclear de Txernòbil; només pretenem cridar l'atenció envers un dels fenòmens biològics de la naturalesa que, malauradament, és desconegut o mal interpretat per la majoria de persones no iniciades en l'ornitologia: ens referim a la migració.

Mai, fins ara, no havia estat de tan interès comprendre bé el que significa el mot «migració», que tan sovint s'ha emprat amb poc rigor. Aquest sobtat interès neix a últims d'abril de 1986, quan es dona a conèixer al gran públic la notícia de l'accident de Txernòbil, i la comunitat científica assenyala que, a mig terme, les aus poden esdevenir un mitjà de transport de la radioactivitat, fins i tot cap a zones no afectades inicialment o directament. No pretenem altra cosa, doncs, que donar al lector les nocions bàsiques de l'actual coneixement científic sobre la migració, tot exposant com funciona aquest mecanisme de transport per fer-li comprendre com pot afectar Catalunya.

L'accident nuclear que el passat 26 d'abril del 1986 es va produir a la cen-

tral nuclear de Txernòbil, a Ucraïna (URSS), ha tingut i té diversos efectes sobre el medi.

La radioactivitat i els éssers vius

Inicialment, la radiació alliberada durant els primers dies en forma de núvol de gasos i pols radioactius cap a l'atmosfera es va anar escampant en les diferents direccions, segons les condicions meteorològiques que es donaven, al mateix temps que part dels isòtops radioactius es dipositaven sobre el sòl com a conseqüència de la pluja radioactiva. Alguns éssers en van rebre, en aquells moments, unes dosis tan elevades que el seu lílndar de tolerància es va veure superat, la qual cosa els va produir la mort immediata. Això va portar com a conseqüència un desequilibri ecològic, produït per diferents factors:

- Com més evolucionat és un organisme, més petita és la seva dosi letal.
- Com més gran és el nucli de les cèl·lules d'un organisme, més petita és la seva dosi letal (les molses, p. ex., necessiten unes dosis radioacti-

ves més elevades que les fanerògames per morir).

- La radioactivitat afavoreix organismes amb alta productivitat davant els resistents, ja que la radiació fa malbé estructures però influeix menys en la seva renovació.

Per posar un exemple que il·lustri aquest desequilibri, podem referir-nos a les dades que Margalef exposa en el llibre *Ecologia* (Ed. Omega, p. 107), on diu que, perquè mori el 50% d'una població, l'interval de radiacions que s'han de produir es troba entre 1.000 i 100.000 R. En algunes, aquest interval és de 2.000-100.000 R, mentre que en vertebrats és de 500-1.000 R.

Els organismes que no van morir per contaminació directa van quedar irradiats en un grau més o menys elevat, segons la distància en què es trobessin del lloc de l'accident.

La pluja radioactiva que va anar caient sobre la zona afectada i els llocs cap on les masses d'aire van anar desplaçant el núvol radioactiu, va fer que en el sòl, en la matèria inerta, s'acumulés una quantitat de radioactivitat que es va veure incrementada per l'aportació de ra-



Fotografia cedida per La Vanguardia

dioelements produïda per la matèria orgànica morta per contaminació. Aquests materials s'han anat incorporant a la cadena tròfica mitjançant els productors primaris, els vegetals, que, en agafar substàncies del sòl i de l'aigua contaminades per a la seva alimentació, assimilen i traspassen aquests isòtops als diferents estatsges d'aquestes cadenes, sent en els esglaons més elevats on els podem trobar en una major concentració.

Aquesta contaminació, que podem anomenar «indirecta», produeix al cap i a la fi els mateixos efectes sobre la matèria viva que la contaminació directa havia donat en un primer moment: ens trobem altra vegada amb un desequilibri ecològic, provocat ara per l'acumulació progressiva de substàncies radioactives en els diferents organismes.

Les substàncies radioactives, dins la matèria viva, s'acumulen i passen d'uns organismes als altres amb l'alimentació, fins a la mort dels individus, cas en què el material radioactiu tornarà a passar al sòl.

Els éssers vius tenen, però, mitjans per eliminar, d'una manera més o menys efectiva, els radioelements del seu organisme. Les principals vies d'eliminació que es coneixen són:

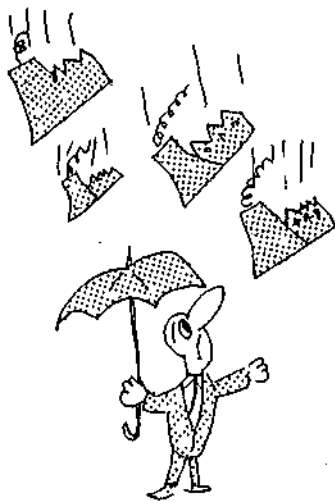
- La transpiració.
- La via digestiva, mitjançant els excrements.
- La respiració.
- La propietat intrínseca dels mateixos isòtops de desintegrar-se, sent més o menys ràpida la seva desaparició segons el seu temps de vida mitjana.

Per aquests motius, els isòtops Cs(134), Cs(137) i Sr(90) són molt perillosos, ja que es desintegren molt lentament, i el I(131), pel fet que s'acumula en la glàndula tiroide i és molt difícil d'eliminar.

Sobre els mecanismes de transport biològic

Que determinades poblacions d'aus actuïn com a mitjà de transport de la radioactivitat depèn del fet que aquestes es desplacin o no des d'unes localitats contaminades cap a unes altres. Els mecanismes biològics que causen aquest desplaçament són generalment els fenòmens migratoris, exceptuant-ne un petit nombre que es caracteritzen per produir-se aperiòdicament i que, en conseqüència, no poden incloure's dins les migracions pròpiament dites.

Tot i sabent amb seguretat que un bon nombre de les poblacions d'aus migratòries d'Europa Occidental s'han vist afectades per diferents dosis de radiació, la complexitat de conèixer amb un mínim de fiabilitat fins a quin punt ens arriba a les terres catalanes està en la mateixa amplitud i desigualtat del mecanisme de transport, és a dir: de les migracions que efectuen les diferents espècies i, dintre d'elles, de les diferents poblacions i, entre aquestes, dels diferents individus: mascles, femelles, adults, joves, etc.



Per tant, el que sí que queda molt clar és que, en qualsevol cas, no se'n poden treure conclusions fàcilment generalitzables.

Per comprendre millor la complexitat de la migració i, per tant, del mitjà de transport dels isòtops radioactius, ens veiem obligats a incloure una petitíssima introducció al tema, perquè aquest és tan ampli que dona peu a la publicació periòdica de nous llibres especialitzats que ràpidament queden desfasats, gràcies als nous coneixements.

Les migracions

Intentem donar-ne una definició curta tot i el risc de perdre precisió. Segons F. Bernis, la migració és un fenomen biològic de naturalesa instintiva on:

1. Els individus realitzen desplaçaments de certa envergadura i de certa durada.
2. El fenomen és intencional o autònom.

3. És periòdic i implica el retorn regular a l'origen o residència natal, que queda més o menys definit geogràficament.
4. El fenomen té una dimensió poblacional.
5. Es percep cert antagonisme entre les residències alternatives.

Aquest fenomen, que és cíclic en l'espai i en el temps, es pot esquematitzar tal com fa l'autor de la manera següent:

$$M = Rg + Mps + Fr + Mpr$$

on M és el fenomen migratori total, Rg és la residència generativa, Mps és la migració postnupcial, Fr és la residència de repòs i Mpr la migració pre-nupcial.

A partir d'aquí ens referirem només a la migració en aus i als diferents esquemes que segueixen les que en un període o altre de la seva vida habiten la regió biogeogràfica del Paleàrtic-occidental, que són les que podran passar per les terres catalanes o residir-hi.

Així doncs, a Catalunya hi ha espècies que estan en la seva Rg (residència generativa) o Fr (residència de repòs), o bé que es troben en Mps (migració postnupcial) o Mpr (migració pre-nupcial) segons pertanyin a una espècie o altra i segons de l'època de l'any en què ens trobem, ja que això defineix en quina fase de la migració es trobarà la població. Aleshores, donada una espècie, podem conèixer el marc geogràfic on es situen la major part dels exemplars, segons s'ajustin a un esquema o altre de migració. Si bé hi ha més models que els que definirem, creiem que aquests són prou representatius com per englobar, pel cap baix, el 90% de les aus migratòries que es poden observar a Catalunya. Seguirem F. Bernis per exposar els diferents esquemes geogràfics de migració segons les seves zones biològiques.

Cal remarcar que, en cada cas, les diferències interspecífiques dins els diferents models poden ser bastant notòries. Això és fàcil de comprendre si tenim en compte que en l'àmbit intraspecífic ja hi ha grans divergències. Moltes espècies tenen poblacions migradores en unes latituds i poblacions sedentàries en altres. En el cas concret d'Europa Occidental, no són menys de 75 espècies les que es troben en aquest cas. A més, hi ha altres espècies que presenten divergències dins una mateixa població, quant a sexes i edats; un dels casos més representatius de segregació migratòria sexual és el del pinça comú (*Fringilla coelebs*). Una altra cosa força comuna és que en la migració pre-nupcial vagin lleugerament anticipats els mascles respecte a les femelles.

Convindria també enunciar dues regles formulades des de fa bastants anys i que s'han anomenat «regles ecològiques», conegudes com Regla de Rensch (1936) i Regla de Huxley (1939). La primera diu: «En la fauna paleàrtica, cercles racials d'àrea geogràfica molt àmplia tenen rates o poblacions sedentàries en les latituds baixes». La Regla de Huxley diu: «En espècies d'àrea geogràfica molt àmplia, la tendència migradora cedeix o

disminueix gradualment per la regió paleàrtico-occidental segons el sentit E-NE a W-SW».

Per comprendre millor les diferents variacions dintre de cada esquema migratològic, caldria també parlar de molts altres conceptes, com ara les migracions bifurcades, els casos de quarter d'hivernada comú (sinhiemisme), alohiemisme longitudinal, migracions intercalars, migracions de muda, migració en laç, abmigracions, etc.

Cal tenir també molt presents altres tipus i estructures semblants, però diferents de les migracions, que en determinades ocasions poden esdevenir mecanismes de transport radiològic més importants que no pas cap migració pròpiament dita. Són les dispersions postgeneratives, les fugues i les irrupcions. Parlarem bàsicament de les dues últimes perquè, sens dubte, són les que poden esdevenir més preocupants. Fugues i irrupcions són fenòmens no periòdics, independents del cicle biològic anual i que succeeixen en dates o èpoques variables i imprevisibles.

De fugues n'hi ha de diversos tipus, com les ciclònals, les de sequera o bé les hivernals. Des del marc geogràfic de Catalunya, la que ens cal conèixer millor és la fuga hivernal, atès que pot adoptar característiques excepcionals i espectaculars quan vénen fortes onades de fred (p. ex. la de gener del 1985). Aleshores, la població de bastants espècies pot augmentar per milers, centenars de milers o milions d'exemplars. Algunes de les espècies més típicament afectades són les fredelugues (*Vanellus vanellus*), els ànecs, les gavines, els tords i els fringíl·lids.

En canvi, les irrupcions solen tenir relació amb fortes i característiques fluctuacions demogràfiques que acostumen a ser causades per diferents disponibilitats alimentàries. Totes les espècies irruptores tenen en comú certa conducta alimentària, constant o estacional: monodieta a base d'un tipus d'alimentació que normalment existeix en quantitats il·limitades i que, de tant en tant, veu reduïda la seva producció —p. ex.: cicle de la producció de pinyons per les pinyes en coníferes i el trencapinyes (*Loxia curvirostra*). La majoria d'aquestes espècies són fitòfages.

Ens adonem, doncs, que quan intentem adoptar una classificació general sorgeixen sovint dificultats a l'hora d'intentar emmarcar cada exemple real en un tipus de migració establert o altre. Els fenòmens migratològics són complexos, presenten multitud de versions i, en algunes d'elles, hi ha totes les gradacions intermèdies imaginables.

El cas de Catalunya i conclusions

De tot el que s'ha explicat s'evidencia que, en el cas concret de Catalunya, les aus només podran deixar dosis apreciables de radioactivitat en el cas que es concentrin grans quantitats d'ocells contaminats en un sol indret, i s'hi morin.

Aquí, aquestes condicions només es

produeixen en llocs determinats on es concentra el flux migratori per creuar els Pirineus, i en els quarters d'hivernada que té cada espècie.

Cal comentar ara unes xifres que ens obliguen a reflexionar. El nombre d'ocells que després de l'època de cria abandona Europa per traslladar-se cap als seus quarters d'hivernada situats a l'Àfrica és de 5.000.000.000 d'exemplars, segons R.E. Moreau, de l'Institut anglès Edward Grey. D'aquesta quantitat, prop de 200.000.000 moren als països mediterranis durant la tardor, com a conseqüència de la caça, i un dels països destacats és Espanya. Si a aquesta xifra sumem els milions d'ocells que moren en el període d'hivernada i els que són també caçats a la primavera, ens adonem que la xifra de cadàvers és molt alta. Si tenim present que els radionuclis Cs(134), Cs(137) i Sr(90) tenen un temps de vida mitjana molt llarg (2, 30 i 28 anys respectivament), comprendrem que per avaluar les concentracions dels milions d'ocells morts s'hauran de tenir en consideració anys successius.

No hi ha xifres fiables per al cas concret de Catalunya, però creiem que el nombre d'ocells morts anualment passa del milió. Això tenint en compte que no es produeixin fugues hivernals, com la de gener del 1985, que fan que les xifres s'incrementin molt notòriament: tornem a veure que es fa molt difícil avaluar-ne les conseqüències amb els coneixements actuals. De totes maneres, se'n poden extreure algunes conclusions força coherents:

1. No n'hi ha prou amb treure mostres aïllades i poc específiques per conèixer de forma generalitzable si els ocells que tenim i vindran a Catalunya estan més o menys contaminats, radioactivament parlant. Cal, doncs, multiplicar els esforços en aquest camp de la investigació radiològica, tenint en compte les peculiaritats migratòries de cada espècie.
2. Seria força prudent prohibir, almenys temporalment, la caça de totes les espècies d'ocells que són totalment o parcialment migratòries, per tal d'evitar que s'acumulin en les nostres terres.
3. S'hauria de donar més importància a totes les legislacions que regulin i controlin totes aquelles activitats, tant industrials com «esportives» (caça), que poden ser les causants de grans mortaldats d'ocells, i vigilar que es compleixin molt estrictament.
4. S'ha de vigilar molt la utilització de pesticides, herbicides i altres productes químics que puguin ser nocius per als ocells, ja que emprats en grans quantitats poden arribar a suposar un alt risc de mortaldats elevades, i ser la causa d'una contaminació indirecta.

Anna M. VICENTE VELASCO
Estudiant de Biològiques
Bernat SOLER ANTIC
Ornitòleg

Joaquim Elcacho

◆ **BARCELONA.** — El departament de Sanitat Exterior del ministeri de Sanitat va descobrir dilluns passat a Barcelona un carregament de 555 quilograms de til·la contaminada per les radiacions de l'accident de la central nuclear de Txernòbil. El carregament va ser localitzat als serveis de Sanitat Exterior de la duana del port de Barcelona i ha estat retornat al seu país d'origen, la República Federal d'Alemanya. Aquest és el carregament radioactiu número 52 dels detectats a duanes catalanes des de 1986, quan es va produir l'accident a la central nuclear de Txernòbil.

El control de radiacions es realitza d'acord amb les normatives establertes per la CEE per tots aquells productes destinats a l'alimentació. Com en el cas detectat dilluns, la majoria dels productes expatriats des de Catalunya són herbes per infusions o per condiment alimentari. La Jonquera i Barcelona (vegeu gràfic) són les duanes més utilitzades per intentar introduir a Espanya productes que per la seva radioactivitat poden ser perillosos per la salut.

Control a mitges

Segons Jesús Fuentes, subdirector general de Sanitat Exterior, del ministeri de Sanitat, els controls sobre els productes alimentaris d'importació es porta "de forma sistemàtica des de finals de 1986". Tot i això, Jesús Fuentes ha reconegut que les anàlisis no es realitzen a tots els productes de cada un dels carregaments sinó que es fan en forma de mostreig. "Seria impossible controlar tots i

CONSUM

Detecten til·la d'importació contaminada per Txernòbil

El ministeri de Sanitat retorna a la RFA una càrrega d'herbes radioactives descoberta a Barcelona

cada un dels productes importats, per això marquem unes preferències pel país d'origen

o el tipus de producte", explica Fuentes.

Especialment, es contro-

len les importacions de productes d'herboristeria i tots aquells que procedeixen dels

països de l'est, més pròxims a la central de Txernòbil. "En el cas d'Albània, per exemple, el

control és exhaustiu, perquè hem comprovat que es presenten certificats de control de radiacions falsificats", diu Jesús Fuentes.

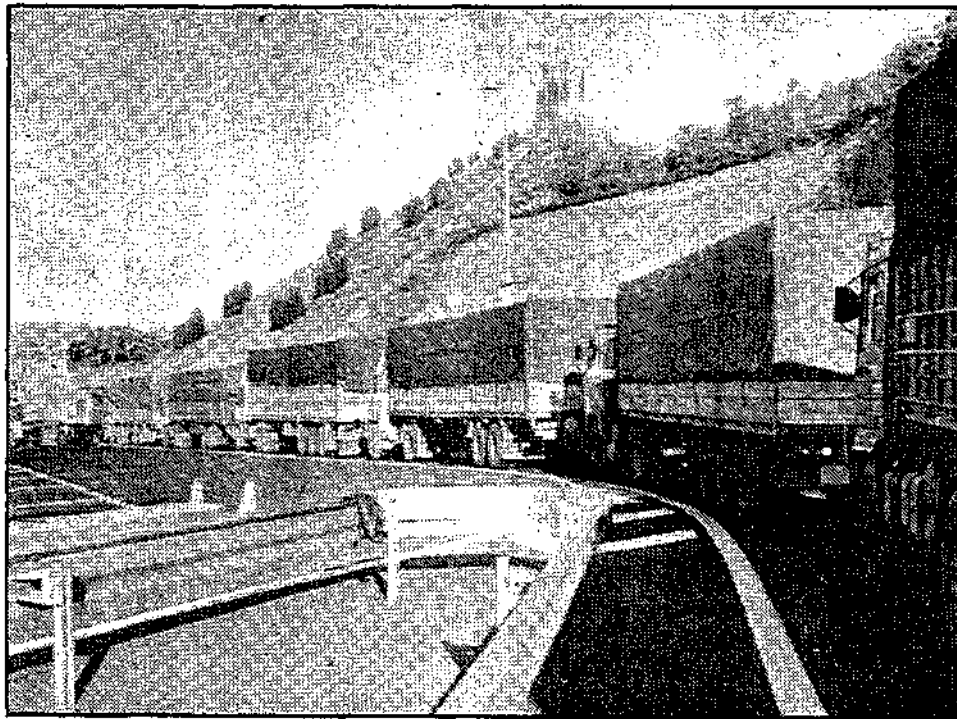
Tot i així, la majoria de partides detectades provenen de països de la CEE com França, la RFA o Itàlia, amb els quals, teòricament, hi ha un pacte per evitar aquest comerç de productes contaminats. Segons el subdirector de Sanitat Exterior, moltes d'aquestes herbes són elaborades a França, "però el seu origen inicial són països productors com Bulgària i Iugoslàvia".

Efectes sobre la salut

Mirant de treure importància al risc per la salut que suposaria el consum d'aquests productes radioactius, Jesús Fuentes recorda que, en els casos d'herbes aromàtiques, se'n consumeix una quantitat molt baixa, "que difícilment pot posar en perill la salut de ningú". Els casos d'altres productes expatriats, en canvi, podrien haver augmentat el risc de contaminació. El desembre de 1986, per exemple, es van descobrir a la Jonquera 240 tones de cacau procedent d'Àustria amb un índex radioactiu de més de 600 becquerels per quilogram. El mateix producte, també procedent d'Àustria, va tornar a ser descobert a Catalunya, en aquest cas a la duana de Barcelona, el 29 de desembre i el 4 de febrer.

En altres duanes espanyoles s'han descobert intents d'introduir cebes (4.000 kg a Irun), llet en pols (24.626 kg a Tenerife) o carn de vedella (10.041 kg a Las Palmas). En tots els casos sospitosos, Sanitat Exterior immobilitza les mercaderies fins que es coneixen les dades d'una anàlisi que es realitza a Madrid.

DAB



Molts camions estrangers utilitzen la Jonquera per introduir productes radioactius

Productes repatriats per radioactivitat

Nombre de trameses repatriades per duana receptora

La Jonquera	32
Barcelona	19
Irun	6
Tenerife	3
Portbou	1
Coslada	1
Las Palmas	1

Quilograms repatriats

Cacao	36.000
Herbes	58.628,28
Llet en pols	24.628
Carn	10.041
Cebes	4.000

Nombre de trameses repatriades per país d'origen

França	27
Bulgària	9
RFA	5
URSS	4
Àustria	4
Itàlia	3
Albània	3

La Generalitat preveu 68 càncers fruit de l'accident de Txernòbil

Primer estudi oficial sobre els efectes a Catalunya de l'explosió de la nuclear soviètica

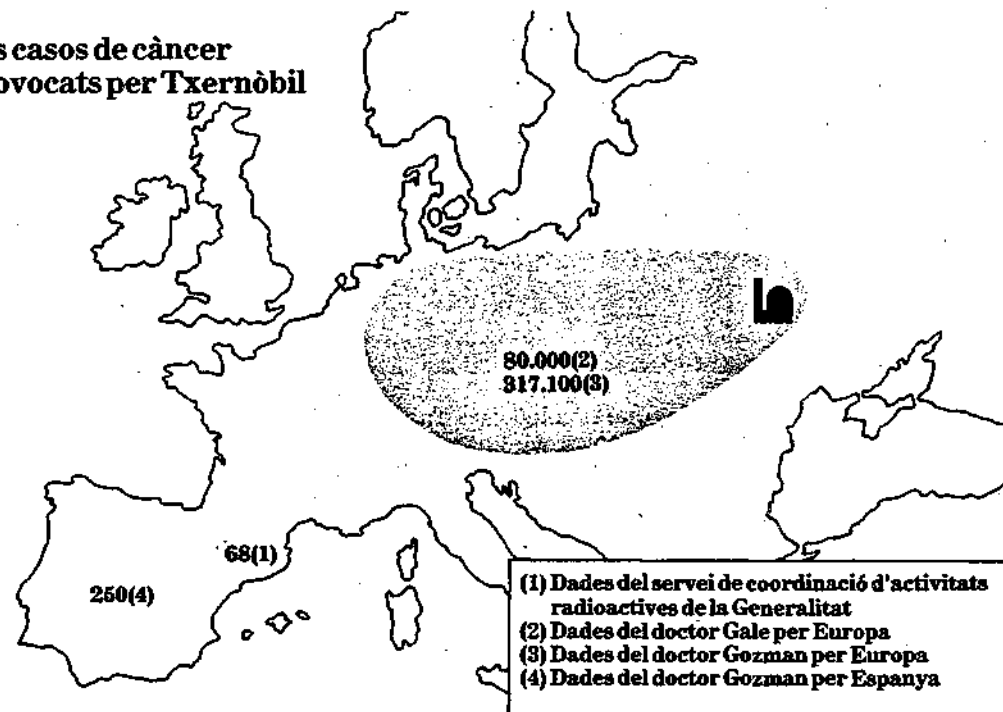
DdB

◆ **BARCELONA.** - Les radiacions causades per l'accident a la central nuclear de Txernòbil, ocorregut el 26 d'abril de 1986, poden produir a Catalunya 68 casos de càncer, segons un informe presentat al Parlament pel servei de coordinació d'activitats radioactives de la Generalitat. Aquest informe, que el Parlament considera *confidencial* i al qual ha tingut accés el **Diari de Barcelona**, és el primer estudi oficial a tot Espanya que reconeix que les radiacions de la central soviètica poden afectar directament la població.

L'estudi indica que la incidència de l'accident sobre la salut a Catalunya, "malgrat ser gairebé inapreciable, no es pot dir que sigui nul·la". L'informe anuncia l'inici de sis nous estudis destinats a millorar el pla de vigilància radiològica de Catalunya i a prevenir els possibles efectes de futurs accidents nuclears.

Crònica / Pàgina 12

Els casos de càncer provocats per Txernòbil



◆ El núvol radioactiu emès per la central nuclear de Txernòbil va afectar bona part d'Europa, especialment la zona central. Els doctors nord-americans Gale i Gozman, amb uns resultats molt dispersos, han calculat els casos de càncer que poden provocar aquestes radiacions. L'estudi autonòmic és el primer que es refereix explícitament a Catalunya.

Diari de Barcelona 9-3-88

Joaquim Elcacho

◆ **BARCELONA.** - Les radiacions produïdes per l'accident nuclear de Txernòbil, del 26 d'abril de 1986, poden produir a Catalunya 68 casos de càncer, segons un informe presentat al Parlament pel Servei de Coordinació d'Activitat Radioactives (SCAR), del departament d'Indústria de la Generalitat. Aquest informe, que el Parlament considera "confidencial" i al qual ha tingut accés el *Diari de Barcelona*, és el primer estudi estadístic oficial a tot Espanya que reconeix que les radiacions arribades de la central soviètica poden produir efectes directes sobre la població. A l'estudi s'afirma de l'accident que, "malgrat que la incidència sobre la salut és gairebé inapreciable, no pot dir-se que sigui nul·la".

L'estudi de l'SCAR s'inclou a l'informe corresponent a la gestió d'aquest servei durant el primer semestre de 1987, i té una extensió de 78

folis. Com a conclusions de l'informe s'anuncia l'inici de sis nous estudis destinats a millorar el pla de vigilància radiològica de Catalunya i a prevenir els possibles efectes de futurs accidents similars al de Txernòbil.

Sense precedents

L'SCAR reconeix que és difícil poder preveure de manera exacta les conseqüències per la salut de l'accident

de Txernòbil, "ja que no hi ha precedents similars i les bases de càlculs provenen d'estudis una mica teòrics". Tot i amb això, l'informe fa una estimació basant-se en els estudis de la Comissió Internacional de Protecció Radiològica, de 1975, i per la Comissió Reguladora Nuclear dels Estats Units, de 1983. Com a dada orientativa, s'assenyalen els estudis realitzats per tot Europa pel doctor Gale, on es

pronostica que l'accident de Txernòbil pot provocar 80.000 casos de càncer, la meitat dels quals seran mortals, en els pròxims 50 anys.

Contràriament a les estadístiques del doctor Gale, mencionades per l'SCAR, molts experts utilitzen les dades del doctor en medicina de la Universitat de Berkeley John W. Gozman, que indicaven que les radiacions de Txernòbil provocaran entre 317.100 i

465.500 morts, dels quals entre 250 i 370 seran espanyols.

Treure-hi importància

Malgrat tot, l'informe de l'SCAR mira de treure importància als possibles casos de càncer. D'una banda, oblidant-se de calcular quants d'aquests 68 casos seran mortals, de l'altra, comparant-los amb "el milió de càncers que es produiran a Catalunya en els pròxims 50 anys".

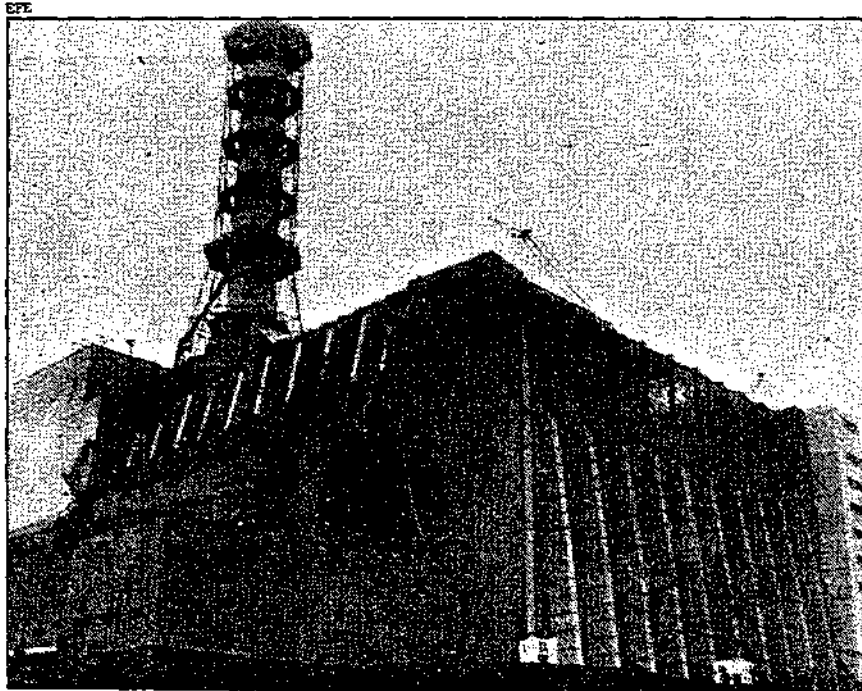
Entre les conclusions, l'informe assenyalava que la incidència de l'accident de Txernòbil "a Catalunya ha estat petita en comparació d'altres països, però no per això pot deixar de considerar-se". Les medicacions més altes d'isòtops radioactius procedents de la central soviètica van ser fetes els mesos de maig i juny de 1986, tot i que els materials de vida radioactiva més llarga encara són mesurables actualment.

A més de demostrar que els estudis sobre els efectes d'un accident nuclear es troben encara a les beceroles, les dades radiològiques de l'SCAR han posat de manifest la presència a les terres d'isòtops radioactius de vida llarga, "que són conseqüència de proves d'armes atòmiques dutes a terme per diversos països a partir dels anys 40". Aquests elements radioactius dipositats al sòl de tot el món provoquen a Catalunya nivells de radiació "molt més importants que els provinents de l'accident de la central russa".

La Generalitat preveu 68 càncers fruit de Txernòbil

El primer informe oficial sobre l'accident nuclear a l'URSS reconeix efectes a Catalunya

6-15



La catàstrofe nuclear de Txernòbil va superar totes les previsions fetes pels tècnics

Nivells de contaminació per països

País	Radiació directa (μ-sievert/hora)	Aire Bq/m ³	Terres Bq/m ²		Llet Bq/l	
	Màxim mesurat		Iode-131	Cesi-137	Iode-131	Cesi-137
Alemanya	1,05	35	80.000	25.000	1.200	300
Àustria	2,40	-	33.000	-	1.500	400
Bèlgica	0,17	24	2.100	191	190	-
França	0,30	4	320	-	360	-
Itàlia	0,34	-	3.770	-	655	-
Grècia	0,30	-	5.600	800	400	150
Suècia	5	-	170.000	33.000	700	44
Catalunya	0,12	0,38	675	125	106	9

Tipus d'aliment	Radioactivitat mesurada als aliments (Bq/kg)			
	Abans de Txernòbil		Després de Txernòbil	
	Cesi-137	Cesi-134	Cesi-137	Cesi-134
Ametlles	0,18	-	0,48	0,20
Mei	-	-	0,93	0,62
Carn de pollastre	-	-	4,15	2
Carn de porc	0,39	-	3,8	1,2
Sardines	-	-	3,9	1,5
Musclos	0,34	0,6	0,9	-
Peix de riu	0,18	-	0,48	0,20

ANNEX 1

DIRECTORI DE GRUPS INDEPENDENTS
DE MESURES DE RADIOACTIVITAT.

LIST OF INDEPENDENT RADIATION MONITORING GROUPS.

GREAT BRITAIN.

ARGOS Project.

Contact; Graham Denman, 96 Berwick Road, Gateshead, Tyne and Wear, NE8 1RS. Phone, 091 478 6272.

This group will be setting up a computer based gamma monitoring network in about a year, when development of the hardware is completed. This will consist of a central computer contactable by computer bulletin board, by anyone with access to a computer and modem. This will be linked to automatic remote monitoring stations which will telephone in their accumulated daily readings to the central computer overnight. Individual stations should cost in the region of 1000 pounds including probe, integral computer, modem and printer.

Ayrshire Radiation Monitoring.

Contact; Margaret Crankshaw 20 Rudloch Drive, Barrasie, Troon, Ayrshire. KA10 6UU. Phone, Troon 316008.

This group have a Mini Instruments 6/80 and are undertaking regular monitoring at sites in their area. They have published results and are co-operating with the other groups in Scotland.

Campaign for Nuclear Dissarmament (CND).

Contact; Patrick van de Bulk, 22 to 24 Underwood Street, London N1 7JG. Phone 01 250 4010.

Patrick has a Radalert 1201 and has made measurements around nuclear power stations.

Coastal Unit Monitoring Irradiation of the Environment. (C.U.R.I.E.)

Contact; Anne Stringer, The Flat, The Old Vicarage, Yoxford, Saxmundham, Suffolk. IP17 3EP. Phone 0728 724432.

This group intend to purchase equipment to monitor radiation levels around the Sizewell nuclear power station. They are also closely associated with the campaign against the PWR on the same site.

Cowal Monitoring Group.

Contact; Alastair Lewis (Secretary), Ryvoan, South Campbell Road, Innellan, Argyll PA23 7SL. or Dick Walsh, Phone Innellan 383, or Linda Kirkwood, Phone Dunoon 5055.

The Cowal group have used a borrowed Mini 6/80 to take gamma measurements in the area of the Holy Loch Submarine base. They have also had sediment samples analysed on a spectrometer. They are

actively campaigning in their area about radioactive pollution from the U.S. submarine base.

Druridge Bay Campaign.

Contact; Rosmary Lumb, 32 Main Street, Falcon, Northumberland. or Bridget Gubbins, Phone, 0670 513513.

This group are undertaking a baseline radiation study of their area which will produce a 'radiation map'. This will give them a baseline against which any future increases in radiation can be compared. They have the cooperation of Dr. J. Urquhart of Newcastle University in interpreting their results. They use a Mini Instruments 6/80 to make their measurements. They are also active in campaigning on the issue of PWRs.

Friends of the Earth.

Contact; Paul Daley, 26 to 28 Underwood Street, London N1 7JQ. Phone, 01 490 1555.

Friends of the Earth Energy Campaign have a Harwell Caesium monitor and a Mr. Clean gamma monitor, they have conducted extensive sampling around Trawsfynydd. They are able to check samples for Caesium 134 and 137 on behalf of other independent groups.

Highland Appeal for Radiation Monitoring. (H.A.R.M.)

Contact; Hazel MacMillan, Bellevue House, Cromarty, Rossshire. IV11 1XJ. Phone. 03817 393.

This group also have a Mini Instruments 6/80 and are conducting measurements over a wide area of Scotland. They also intend to purchase a beach monitor to survey the coastline, and shades for the monitoring of airborne radioactive particles.

Manhood Coastal Monitors.

Contact; Mary Sharpe (Chairman), 16 Warner Road, Selsey, West Sussex. Tel; Selsey 604526 or Arun Friends of the Earth, c/o Frank Adsett, 14 Hall Cottages, Barnham Road, Eastergate Nr Chichester.

This group are undertaking monitoring of the beaches in their area with a Mini Instruments Type E contamination monitor.

Manx Anti Nuclear Independent Action Committee. (M.A.N.I.A.C.)

Contact c/o; Patrick Gribbin, 30 Stonleigh Street, London W11 4DU. Phone, 01 229 5286.

Patrick has sent a series of environmental samples to the N.R.P.B. for analysis on behalf of this Isle of Man group. The samples were taken after Chernobyl and showed considerable contamination.

Radiation Monitoring Group (Merionnydd).

Contact; Pat Ward, 46 Branscome Farm Estate, Barmouth. Phone, Barmouth 280 969, or Ian Russel (Information Officer) Phone, Llanbedr 376.

This group have set up with the intention of monitoring radiation levels around Trawsfynydd. They have purchased a Mini Instruments 6/80, and may also get a single channel analyser for food and environmental samples. They intend to start monitoring in April 1988.

Radioactive Pollution Survey Group Wigtownshire. (R.P.S.W.)

Contact; Mr. Alan Richards, Dhuloch Schoolhouse, Ervie, Kircolm, Near Stranraer, Wigtownshire. Phone, 0776 854 246.

This group do not have monitoring equipment of their own but have sent samples of silt from the local estuary for analysis and published the findings. They have also undertaken surveys into the incidence of cancer and leukaemia in their area, and mounted a travelling exhibition on nuclear issues.

RADS Radiation Services.

Contact; John Hopkins, BCM/RADS London WC1 3XX. Phone, 01 405 2767.

This group are involved in the sale and hire of Mr Clean Geiger Counters. They have also undertaken gamma surveys around some nuclear power plants in Britain (Hinkley Point and Trawsfynydd). They can also retail the book " An Introduction To Radiation Protection" (see booklist).

University of Wales at Cardiff, Environmental Action Group.

Contact; Jeremy Griffith, 2 Cleppa Park Research Station, Coed Kernew, Newport, Gwent, NP1 9BU. Phone, 0633 680735.

They have a Costronics Mr. Clean and have undertaken a baseline survey.

Welsh Anti Nuclear Alliance. (W.A.N.A.)

Contact; Hugh Richards, PO Box 1, Llandrindod Wells, Powys, LD1 5AA. Phone, 09824 362.

WANA have a Nuclear Enterprises PCM5 with the dual purpose alpha/beta probe and have used this to conduct various surveys and have also lent it to other groups.

MONITORING GROUPS AND LABORATORIES OUTSIDE OF BRITAIN.

FRANCE.

Association pour le Controle de la Radioactivite dans l'Ouest. (A.C.R.O.) 18 rue Saorgnan de Brassa, Caen, France. Phone, 31 73 79 17.

This group have set up to provide information on radiation levels in western France. They have a Germanium Lithium Gamma Spectrometer for the analysis of food and environmental samples and they publish their results to subscribers.

Commission Regionale Independante d'Information sur la Radioactivite. (C.R.I.I.R.A.D.), 8 rue Louise Gemard, 26200 Montelimar, France. Phone, 75 51 33 40.

This group was set up in May 1986. They have organised contacts among the media and press to campaign about radiation levels. They have now set up a laboratory for the analysis of food and environmental samples, using a Gamma Spectrometer. This was set up entirely by public subscription. They produce an excellent quarterly bulletin containing their results and many interesting articles on radiation monitoring. If you can read French these bulletins are well worth getting. They have also set up an agricultural group to inform the local rural population of the hazards of the Chernobyl contamination. Basically, they put us here in England to shame with their organisation and enterprise.

GERMANY.

Possibly because of the fact that Germany was quite badly affected, in parts, by Chernobyl fallout, all of the groups listed here are involved in the analysis of food and environmental samples using spectrometers.

Arbeitsgemeinschaft Okologischer Forschungsinstitut e.V. (A.G.O.F.) Horner Strasse 28, 2800 Bremen 1. Phone 04 21 760 53 or 04 21 640 215.

This institute is coordinating monitoring and other radiation research in Germany and can supply a comprehensive list of other organisations involved in these issues, in Germany.

Die Verbraucher Initiative e.V. Breite Strasse 51, Postfach 17 46, 5300 Bonn 1, Federal Republic of Germany. Phone 02 28 65 90 44. They have conducted analysis of food samples for gamma emitting isotopes.

Eltern Fur Unbelastete Nahrung e.V.,
Contact; Jannes Tashiro, Koenigsweg 7, D-2300 Kiel 1, Federal
Republic of Germany.
They have a Gamma Spectrometer and facilities for alpha and beta
counting of food and environmental samples.

Gesellschaft fur Strahlenmesstechnik G.f.S mbH. Goldstrasse 60-64
d-4400 Munster, Federal Republic of Germany.
This group also have a Germanium Lithium Spectrometer for the analisis
of food and environmental samples. They hope to soon have the
equipment to do beta spectroscopy as well.

Institut fur Mensch und Natur e.V. Obere Strasse 45. 2810 Verden/Aller
Federal Republic of Germany. Phone 04231/ 81928.
This institute was established in 1984. Most of the founder members
were graduate biologists. Their fundamental idea is to research the
relationship between biological systems in general and man and nature
in particular. Amongst their other activities they test food and other
samples for radioactivity with their gamma spectrometer. They also are
running a study of the dangers of microwave radiation.

Mess-stelle Gamma, Engelbertstr 41, 5000 Koln 1, Federal Republic of
Germany.
Phone, 02 21 23 31 98.
Gamma spectrometry of food and environmental samples.

Pradicat Strahlenarm.
Contact, Dr. Joachim Wernicke, Schottmullerstrasse 28, 1 Berlin 37,
Federal Republic of Germany. Phone, 817 70 51.
Has conducted extensive monitoring of foods for gamma contamination
with a Gamma Spectrometer and published results in booklet form.

Radiation Monitoring Group of the University of Bremen. Physics
Department, University of Bremen, Postfach 33 04 40, D-2800 Bremen 33,
Federal Republic of Germany.
Alpha and Gamma Spectrometry and surveys using portable monitors. They
also conduct sample analysis for other groups and monitor on behalf of
ther Federal State of Bremen.

Strahlentelex, Wilsnacker Strasse 15, 1000 Berlin 21,
Federal Republic of Germany. Phone, 0049 30 3948960.
Since January 1987, Strahlentelex has produced a biweekly Newsleter.
In addition to articles on radiation and health, they publish
contamination levels for various foods which are available on West
German markets. A council of 20 scientists is available to the
professionally qualified staff. Because of the high quality and public
oriented work of the group, their newsletter now has a print run of
4000 and is financially independent.
A subscription costs DM 80 (U.S. \$40) per year.

With monitoring equipment which was financed from the proceeds of a benefit concert, the measurements are taken by the Strahlentelex staff themselves. Besides foods from the FRG, they are currently measuring goods sent to them from all over the world. In collaboration with Strahlentelex, WISE Amsterdam will try to locate where the majority of the food contaminated by the Chernobyl accident has been exported and what kinds of foods are involved. Strahlentelex is trying to get more groups in other countries involved in the installation of radiation monitors, and is available for technical advice about equipment. (Reprinted from WISE bulletin 283.)

LUXEMBOURG.

Oeko Fonds (Nouvenens Ecologique) 9 Letschhech, L-3393 Roedgen, Luxembourg.

This group have set up a network of some 56 automatic gamma monitoring stations all over Luxembourg. They began monitoring in June 1987 and they publish results periodically.

SPAIN.

Technicians and Scientists for a Non Nuclear Future. (G.C.T.P.F.N.N.) Apartat de Correus 10095, 08080 Barcelona, Catalunya, Spain. This group intend to set up a monitoring programme for the Catalanian area of Spain and would welcome any help and information that other groups could supply.

* SEGONAS JORNADES PER UNA CATALUNYA SENSE NUCLEARS *

DETECTOR DE RADIOACTIVIDAD - CONTADOR GEIGER-MULLER - ELEKTRON -

La Radioactividad es invisible, no se siente ni se notan sus efectos de forma inmediata, la unica forma de saber si existe un aumento de la radiacion natural es por medio de sofisticados equipos electronicos.

El contador Geiger ELEKTRON, es un pequeño aparato a pilas, de bolsillo de una utilizacion muy sencilla y apropiado para detectar un aumento de la radiacion ambiental.

Las características mas relevantes de este aparato son por un lado su tamaño y por otro su bajo precio lo que lo hace asequible a cualquier persona interesada en el medio ambiente, pues hasta ahora era muy costoso adquirir un aparato similar.

Con este aparato equipado con el tubo ZP 1310, sensible a las radiaciones Gamma, podemos medir desde los 14 MicroREM/Hora (unos 120 MillIREM/año, es la "normal" en Barcelona) hasta los 1800 MicroREM/hora, se puede utilizar como monitor de alarma escuchando los pitidos a traves de un pequeño altavoz o bien para medidas mas completas, para lo cual lleva incorporado una pequeña calculadora con la que podemos contar los impulsos detectados en un espacio de tiempo determinado.

Con este contador con el tubo ZP 1310 el indice cero o indicacion con radiacion natural es de dos impulsos por minuto y por ejemplo, acercandole una camiseta de camping-gas a un centimetro indica de 25 a 30 impulsos por minuto, los efectos de un pararrayos radioactivo los detecta a unos veinte metros, segun el tipo de isotopo utilizado en el mismo.

Para comprobar su correcto funcionamiento se llevo al INSTITUT DE TECNiques ENERGETIQUES de la UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA donde en el laboratorio de calibracion de instrumentos y con fecha 2-3-88 se expidio el Certificado de Funcionamiento numero 1244 despues de dos horas de diferentes pruebas con Co-60 y Cs-137, con lo que se pudo hacer una tabla de equivalencias entre impulsos por minuto y MicroREMs/hora.

En este mismo aparato se le puede acoplar el tubo ZP 1320 de mayor sensibilidad, su indice cero es de 12 impulsos/minuto, que adecuadamente sellado sirve para medir la contaminacion en cualquier tipo de liquido.

Para medir la radiacion de un liquido la forma de operar seria la siguiente: En primer lugar hacemos una medicion de la radiacion de fondo, una vez conocidos los MicroREM/hora de ese lugar y momento, preferentemente de noche, hacemos la medicion de la muestra, agua, leche o cualquier liquido, estas dos mediciones conviene que sean largas; entonces por la diferencia entre una y otra sabremos la contaminacion de la muestra.

Otra manera de efectuar este tipo de mediciones, seria con una caja o tubo de plomo de un grosor suficiente para no detectar la radiacion ambiental, al menos de cinco cm. de grosor, con lo que al colocar el detector y la muestra en el interior sabriamos exactamente el nivel de contaminacion sin influencia externa.

Hay que tener en cuenta que las particulas radioactivas para ser detectadas tienen que pasar por el tubo Geiger y que las mismas son aleatorias, por lo que en mediciones de corta duracion el posible error es mayor, se aconseja siempre hacer mediciones de al menos 10 minutos, pero lo ideal son tiempos todavia mas largos, cuando se usa el aparato como alarma es distinto pues si en un minuto aumenta desmesuradamente el numero de impulsos habituales, evidentemente algo esta pasando.

Las características de este aparato son las siguientes:

Alimentación por pila miniatura de 9 v.

Consumo: aproximadamente 2 miliamperios

Dimensiones: 13 cm. de largo 3.3 cm de alto 6 cm de ancho

Peso con pila: 160 gramos.

Indicadores: avisador acústico y contador de impulsos/calculadora

- TABLA DE EQUIVALENCIAS (TUBO ZP 1310) -

IMPULSOS POR MINUTO	MICROREM POR HORA	MILIREM POR AÑO
2	14	120
4	30	260
6	50	440
12	120	1050
25	250	2190
50	500	4380
75	1200	10500
100	1800	15750

JOSEP VIVER i MONTSANT

NOTA: Cualquier persona interesada en la adquisición del contador ELEKTRON lo puede solicitar a la revista INTEGRAL o bien ponerse en contacto con Josep Viver Tel. 2.38.29.35 (Horas comercio).

ANNEX 2

LES RADIACIONS IONITZANTS I NO IONITZANTS:

algunes dades interessants.

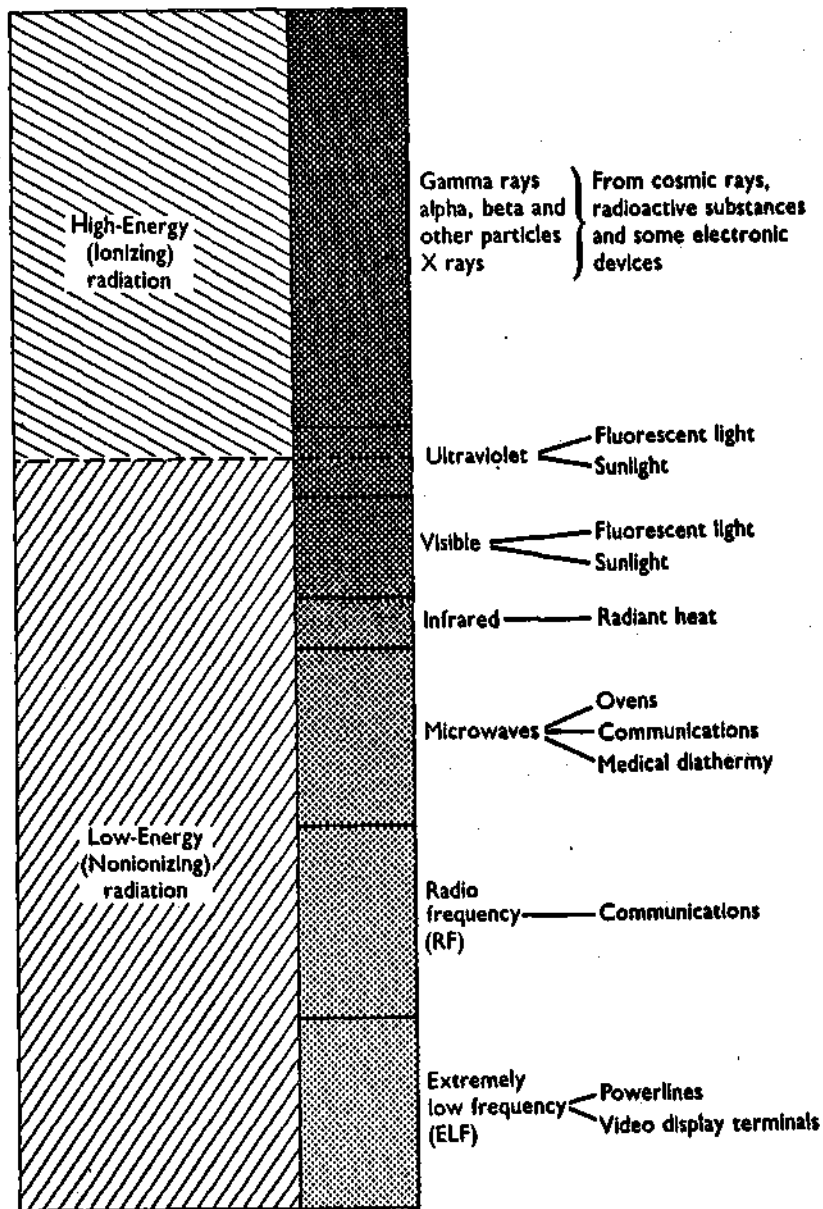


FIGURE I
The Electromagnetic Radiation Spectrum

TABLE I

High-Energy Radiation Risk Estimates

(for exposure of 1,000,000 persons to one rem to the whole body)

Committee or Researcher	Fatal Cancers	Nonfatal Cancers	Genetic Damage	Total
Intl. Comm. on Radiological Protection (ICRP), 1977	125	125	40-80	290-330
U.N. Scientific Comm. on the Effects of Atomic Radiations (UNSCEAR), 1980	100-200	111-332	20-150	231-682
U.S. N.A.S. Comm. on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR), 1980*	28-501	4-770	24-440	56-1710
J. Gofman, 1981	3771	n/a	191->20,000	3962->23,962
R. Bertell, 1982	384-1450	121-494	500-10,600	1005-12,544

* Relative risk method, range includes different models considered.

High-Energy (Ionizing) Radiation

ALPHA PARTICLES

- ionizing particle emitted by some radioactive substances (e.g., uranium and radium)
- positively charged, made of 2 protons and 2 neutrons
- medium-to-high energy
- large size of alpha particle limits its ability to penetrate body tissue
- particularly dangerous when emitted within the body, from swallowed or inhaled radioactive materials
- can cause cancer, leukemia, birth defects (if child exposed in uterus) and genetic damage
- due to their weight and charge, alpha particles within the body are roughly 10 times more ionizing—and more damaging—than other forms of radiation with a similar energy level
- sources diverse, including: uranium mining, radon gas, mantle lamps, cigarette smoke.

BETA PARTICLES

- ionizing
- fast-moving particles emitted from some radioactive substances (e.g., tritium)
- negatively charged, made of high-speed electrons
- medium-to-high-energy, can penetrate 1–2 cm into water or flesh
- can cause cancer, leukemia, birth defects (if child exposed in uterus) and genetic damage
- sources diverse, including: nuclear power plants, eyeglasses, dental porcelains.

X RAYS

- ionizing
- highly penetrating
- medium-to-very-high energy
- can cause cancer, leukemia, birth defects (if child exposed in uterus) and genetic damage
- man-made, used in medical sciences and industry, emitted by some TVs and VDTs.

GAMMA RAYS

- similar to X rays but emitted by radioactive materials and usually of higher energy
- sources diverse, including: nuclear medicine, nuclear power plants, building materials.

NEUTRONS

- ionizing particles
- highly penetrating
- high energy
- can cause cancer, leukemia, birth defects (if child exposed in uterus) and genetic damage
- can interact with other material inducing radioactivity
- sources: cosmic radiation and nuclear reactors.

TABLE 2

Annual Dose Rates from Common Significant Sources of High-Energy (Ionizing) Radiation Exposure

Source	Exposed Group	Body Portion Exposed	Average Dose Rate (millirems/yr)
NATURAL BACKGROUND			
Cosmic radiation	Total population	Whole body	28
Terrestrial radiation	Total population	Whole body	26
Internal Sources			
	Total population	Gonads	28
		Bone marrow	24
MEDICAL X RAYS			
Medical diagnosis	Adult patients	Bone marrow	103
Medical personnel	Occupational	Whole body	300-350*
Dental diagnosis	Adult patients	Bone marrow	3
Dental personnel	Occupational	Whole body	50-125*
RADIOPHARMACEUTICALS			
Medical diagnosis	Patients	Bone marrow	300
Medical personnel	Occupational	Whole body	260-350
ATMOSPHERIC WEAPONS TESTS			
	Total population	Whole body	4-5
NUCLEAR INDUSTRY			
Commercial nuclear power plants (effluent releases)	Population within 10 miles	Whole body	<< 10
Commercial nuclear power plants (occupational)	Workers	Whole body	400†
Industrial radiography (occupational)	Workers	Whole body	320
Fuel processing and fabrication (occupational)	Workers	Whole body	160
Handling byproduct materials (occupational)	Workers	Whole body	350
Federal contractors (occupational)	Workers	Whole body	~ 250
U.S. Naval nuclear propulsion program (occupational)	Workers	Whole body	220
RESEARCH ACTIVITIES			
Particle accelerators (occupational)	Workers	Whole body	Unknown
X ray diffraction units (occupational)	Workers	Extremities and whole body	Unknown
Electron microscopes (occupational)	Workers	Whole body	50-200
Neutron generators (occupational)	Workers	Whole body	Unknown
CONSUMER PRODUCTS			
Building materials	Population in brick and masonry buildings	Whole body	7
Television receivers	Viewing populations	Gonads	0.2-1.5
MISCELLANEOUS			
Airline travel (cosmic radiation)	Passengers	Whole body	3
	Crew members and flight attendants	Whole body	160
Airline transport of radioactive materials	Passengers	Whole body	~ 0.3
	Crew members and flight attendants	Whole body	~ 3

* Based on personnel dosimeter readings; because of relatively low energy of medical X rays, actual whole-body doses are probably less.

† Average dose rate to the approximately 40,000 U.S. workers who received measurable exposures was 600-800 mrem/yr.

Source: BEIR (1980).

Low-Energy Radiation (Non-Ionizing)

ELF (extremely low-frequency) radiation

- a form of non-ionizing radiation
- very low energy
- health effects not understood
- possible carcinogen
- possible behavioral effects
- sources: electric power lines, submarine communications, video display terminals.

RADIO WAVES (RF or Radio Frequency)

- non-ionizing
- very low energy
- health effects not understood, suspected of disrupting physiological processes including cardiovascular system
- sources diverse, including radio and television transmission.

MICROWAVES

- non-ionizing
- low energy
- at low levels suspected of disrupting physiological process
- at high levels can raise body temperatures and cause cataracts
- sources: microwave ovens, telecommunication towers, radar.

INFRARED

- invisible, non-ionizing
- low energy
- at high levels can raise body temperatures
- sources: all warm objects, the sun, heat lamps.

VISIBLE LIGHT

- visible, non-ionizing
- low energy
- at high levels can raise body temperatures and cause eye damage.

ULTRAVIOLET (UV)

- invisible, can cause some ionization
- low energy
- can cause sunburn, eye damage, skin cancer
- suspected of causing behavioral effects including hyperactivity in children
- sources: sunlight, fluorescent lights, tanning lamps.

TABLE 3

Some Uses of Low-Energy Radiation

Typical Frequency	Use
300,000 MHz	Microwave relay. Short-range military communications
30,000 MHz	Commercial satellites. Direct-broadcast TV satellites. Microwave relay. Military communications. Air navigation. Radar
3000 MHz	UHF television. Police and taxi radio. Microwave ovens. Medical diathermy. Radar. Weather satellites
300 MHz	FM radio. VHF television. Police and taxi radio. Air navigation. Military satellites
30 MHz	International shortwave. Air and marine communications. Long-range military communications. Ham radio. CB
3 MHz	AM radio. Air and marine communications. Ham radio. SOS signals
0.3 MHz	Air and marine navigation
0.03 MHz	Time signals. Military communications. Weapons and theft-detection scanners
0.003 MHz	Electric power (AC). Military communications. Electric transportation systems
0 MHz	Electric power (DC). Batteries. Bone stimulation

TAULA DOSI - EFECTE

Effets des doses

1 mSv = dose annuelle naturelle (rayonnement interne du corps, + irradiation par les sols, matériaux de construction et rayons cosmiques).

1 mSv = 1 radiographie de l'abdomen.

1 mSv = dose maxi admissible pour la population (en dehors des irradiations naturelles et médicales).

1 mSv (*) = dose délivrée entre mai 1986 et mai 1987 par les retombées de Tchernobyl pour des individus habitant en immeubles collectifs et séjournant 2 heures par jour en plein air.

2 Sv = dose annuelle moyenne, en Suède, par rayonnement alpha du radon et de ses produits de désintégration.

2 mSv = dose donnant un risque de 0,1 % de retard mental grave si elle atteint le fœtus durant la période la plus sensible.

5 mSv (*) = dose reçue entre mai 1986 et mai 1987 par les retombées de Tchernobyl (pour 8 heures par jour en plein air et logement en maisons de bois).

5 mSv = dose qui donne lieu à des recommandations spéciales en cas d'accident nucléaire (ex : restriction de consommation de denrées contaminées, prescription d'iode à titre préventif ; maintien de la population à l'intérieur des logements).

10 mSv = dose où l'on recommande aux femmes enceintes de quitter la région contaminée.

10 mSv (*) = dose totale délivrée en 50 ans par Tchernobyl (pour des habitants d'immeubles collectifs, 2 heures en plein air par jour).

40 mSv (*) = dose totale délivrée en 50 ans par Tchernobyl (pour des habitants de petites maisons en bois, 8 heures en plein air par jour).

GENER 1987

Gazette Nucléaire 75 - page 19

50 mSv = dose annuelle maxi «admissible» pour le personnel travaillant en milieu irradiant.

50 mSv = dose donnant une probabilité théorique de 0,1 % de cas de cancer (que la dose soit reçue en une fois ou répartie dans le temps). Ainsi, l'irradiation gamma naturelle produirait un tel risque pour un individu de 50 ans. L'irradiation gamma naturelle serait à l'origine d'environ 150 décès par cancer par an en Suède (sur environ 20 000 morts par cancer par an).

50 mSv = dose exigeant des mesures préventives et, éventuellement, un déménagement de la population.

100 mSv = lésions chromosomiques décelables à partir d'une dose totale de 50 - 100 mSv.

100 mSv = avortement fortement conseillé.

200 mSv = altérations décelables de la formule sanguine.

500 mSv = déplacements de populations nécessaires.

1 000 mSv = 1 Sv = si la dose est aiguë : maladie non mortelle, vomissements etc... + théoriquement 2 % de risque de mort par cancer (que la dose soit unique ou répartie dans le temps).

10 000 mSv = 10 Sv = mort en quelques mois si dose reçue en une fois.

(*) ces doses concernent les régions les plus atteintes.

ALGUNS ACLARIMENTS TECNICS

Activitat. Quantitat d'element radioactiu.

Es la Taxa d'emissió de radiació procedent de materials radioactius. Serveix per donar idea de quant ràpidament un element radioactiu decau, o es desintegra, i allibera energia.

Unitats

1 Becquerel (Bq) = 1 desintegració per segon = 1 des/seg

1 Curie (Ci) : equival a l'activitat d'un gram de Radi =
= 3.7×10^{10} des/seg = 37.000.000.000 des/seg

Factors

<u>Prefixe</u>	<u>Indica</u>	<u>Factor</u>
m , mili	mil·lèssima part	10^{-3}
μ , micro	millonèssima part	10^{-6}
n , nano	mil·l·millonèssima part	10^{-9}
p , pico	billonèssima part	10^{-12}
f , femto	mil·billonèssima part	10^{-15}

Dosi de radiació absorbida per un cos o una substància

Describeu la dosi de radiació rebuda per la matèria viva en termes d'energia absorbida per una determinada quantitat de teixit.

Unitats

1 Gray (Gy) = 1 Joule per kilo = 1 J/kg

1 Rad (Rad) = 100 ergs per gram

Equivalències

1 Gy = 100 Rad

1 Rad = 0.01 Gy

Abans es feia servir el Roentgen (R) que era la quantitat d'ionització produïda per la radiació en l'aire

1 R = 0.84 Rad

Si hom vol posar tots els tipus de radiació ionitzant al mateix nivell pel que fa al seu potencial de causar danys, fent possible les comparacions biològiques i independintzant les de la font de radiació, es a dir, si hom vol tenir en compte l'efectivitat biològica de les radiacions, o factor de qualitat de les radiacions Q, aleshores s'empren les següents unitats, factors i equivalències:

$$1 \text{ Rem} = 1 \text{ Rad} \times Q$$

<u>Tipus de partícula</u>	<u>Rad</u>	<u>Q</u>	<u>Rem</u>
Raix X, γ , partícula β	1	1	1
Neutrons tèrmics	1	2'5	2'5
Neutrons ràpids, protons, part. α	1	10	10

$$1 \text{ Sievert (Sv)} = 1 \text{ Gray de radiació} = 1 \text{ Gy} \times Q$$

$$1 \text{ Rem} = 1 \text{ Rad de radiació} = 1 \text{ Rad} \times Q$$

$$1 \text{ Rad de radiació} = 10 \text{ Rem}$$

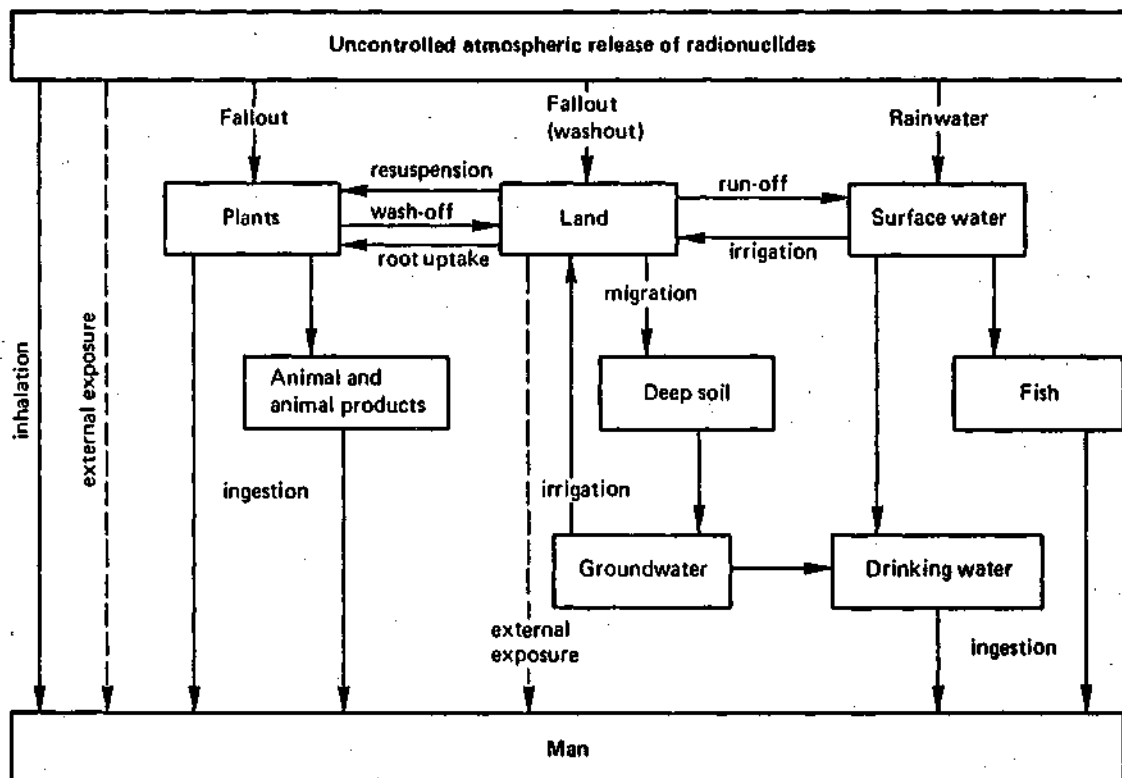
$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} (\gamma) = 100 \text{ Rad} (\gamma) = 100 \text{ Rem} (\gamma)$$

$$1 \text{ mSv} = 10^{-3} \text{ Sv}$$

$$1 \mu\text{Sv} = 10^{-6} \text{ Sv}$$

$$1 \text{ mRem} = 10^{-3} \text{ Rem}$$

Major pathways of radionuclides to man due to uncontrolled release of radioactivity



Source: *Umweltradioaktivität und Strahlenexposition in Südbayern durch den Tschernobyl-Unfall*; Bericht des Instituts für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Munich/Neuherberg, FRG, GSF-Bericht 16/86.

Adapted from GSF-Report 16/86 (1986), Ref. [2].

ANNEX 3

LES RADIACIONS IONITZANTS:EL DEBAT

- l'evolució de les normes de radioprotecció.
- les baixes dosis de radiació:
 - . les baixes dosis de radiació i la indústria nuclear
 - . efectes sobre la salut per la irradiació en baixes dosis, Alice M. Stewart
 - . el sistema internacional de radioprotecció està basat en dades falses
- la necessitat de reavaluació del sistema internacional de radioprotecció.

Cependant, les premières modifications d'appellations techniques apparaissent. La « *Concentration Maximale Admissible* » — CMA — dans l'air laisse la place à la notion de « *Limite Dérivée de Concentration* » — LDC — de radionucléide dans l'air. Il est vrai que la notion de CMA était ambiguë dans la mesure où cette notion laissait sous-entendre un dispositif binaire : en-dessous de la CMA, il n'y a pas de problème, au-dessus, le pire est à craindre. On peut toutefois s'interroger sur l'objectif visé : améliorer la compréhension des phénomènes ou s'aseptiser le langage ? La suite des affaires a montré que la deuxième hypothèse est la bonne.

Une autre idée est introduite, que l'on retrouvera plus tard : elle consiste à se préoccuper de la radioprotection des travailleurs seulement lorsque les doses annuelles qu'ils sont susceptibles de recevoir dépassent les valeurs maximales admissibles pour le public. C'est le concept de la « *ration* » ; chacun a « *droit* » à la « *dose public* ».

Les États-Membres de la Communauté avaient deux ans pour se conformer à la Directive et le 1er juin 1978, seule la RFA avait introduit (dès le 10 octobre 1976) ces dispositions dans son système législatif national. Les raisons françaises de cette non-application sont simples : « *Il ne fallait pas donner à l'opposition l'occasion de poursuivre ou de relancer le débat sur le nucléaire* ».

Une raison extérieure vient cependant légitimer cette non-application de la Directive. La CIPR publie en 1977 ses nouvelles normes de radioprotection : la CIPR 26. Les experts de la Communauté se remettent au travail.

Le 2 avril 1979 une proposition de Directive est publiée au Journal Officiel des Communautés Européennes.

Les délégations du pays fournissent des remarques sur cette proposition qui seront examinées au « *groupe des questions atomiques* » siégeant au niveau des experts « *Normes de base* ». Pour ce qui concerne la France, sur l'impulsion du Professeur Pellerin du SCPRI, des modifications fondamentales sont apportées. Elles concernent le vocabulaire :

1. Remplacer le terme « *groupe critique* », utilisé dans les études d'impacts, par « *groupe de référence* » (sic !).

2. Les termes « *irradiation* » et « *contamination* », qui constituent un prétexte constant à une utilisation abusive, doivent être éliminés (re-sic !).

Ces remarques sont cependant acceptées et le « *Journal Officiel des Communautés Européennes* » publie, le 17 septembre 1980 la « *Directive 80/386 Euratom* » du 15 juillet 1980. Cette dernière modifie les directives antérieures fixant les « *Normes de base* » relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre le danger résultant des rayonnements ionisants. L'article 46 précise que les États-Membres, donc la France, « *doivent se conformer à la présente directive dans un délai de 30 mois à compter du 3 juin 1980, soit au plus tard le 3 décembre 1982.* »

A cette date (décembre 1983), aucun État-Membre n'a encore modifié sa législation. Des travaux préparatoires ont toutefois été engagés dans plusieurs pays. Il faut cependant noter que la CIPR n'avait publié qu'un seul des trois volumes de la publication CIPR 30, lorsque le groupe d'experts des « *Normes de base* » (visé à l'article 31 du Traité d'Euratom) avait terminé ses travaux et que le Conseil avait promulgué le 15 juillet 1980 la Directive.

Une nouvelle proposition de Directive a été présentée au Conseil le 28 octobre 1983. Elle est destinée à compléter les annexes I et III de la première Directive Euratom, prenant ainsi en compte l'ensemble des Limites Annuelles d'Incorporation (LAI) et des Limites Dérivées de

Concentration dans l'air (LDC-air) calculées par la CIPR.

Cette Directive complémentaire va donner en fait un nouveau délai aux législateurs européens. En cas de non-application des Directives, c'est la « *Cour de Justice* », organe de contrôle juridictionnel des Communautés Européennes qui peut être saisie pour assurer le respect du droit dans l'exécution des traités par les États-Membres.

Les dispositions prises par la France

Les premières « *Normes de base* » de la Communauté ont été intégrées dans le décret 46-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants. L'ensemble des données de ce décret sont reprises dans le décret 67-228 du 17 mars 1967, relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

Ces décrets sont toujours en vigueur.

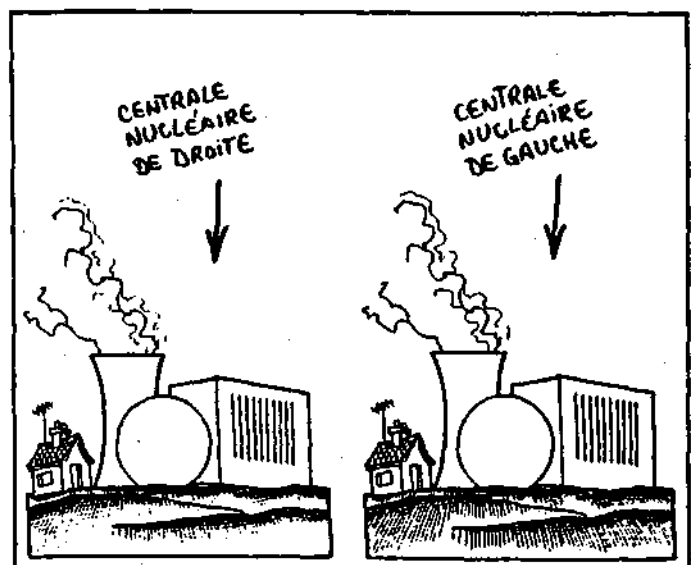
Cependant, la circulaire interministérielle signée par le Premier Ministre le 23 juin 1982 (JO du 1er juillet 1982) rappelle que la Directive des Communautés Européennes est applicable en France, et invite les ministres à procéder aux adaptations des textes réglementaires concernés.

Dans cet esprit, le ministère du Travail a proposé un projet de décret appelé à modifier celui du 15 mars 1967. Ce projet donne lieu, depuis le 25 mars 1983, à des réunions de travail du Conseil Supérieur de la Prévention des risques professionnels. L'objectif visé consiste à disposer sur le texte amendé d'un avis final au début de l'année 1984. Il sera nécessaire, parallèlement d'harmoniser l'ensemble des autres textes et principalement le décret 66-450 du 20 juin 1966 (déjà cité) et le décret 75-306 du 28 avril 1975 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants dans les installations nucléaires de base.

LE PROGRAMME ÉNERGÉTIQUE



C'EST POUTANT SIMPLE !



Dessin de Plantu.

• La nature, c'est nous ! •

FRANÇOIS MITTERRAND (24-1-1981)

• L'ampleur du retournement socialiste laisse sans voix. •

BENCE LALONDE (8-10-1981)

C. LES FAIBLES DOSES

I — Les faibles doses de rayonnement et l'industrie nucléaire

Pourquoi parler de l'effet des faibles doses de rayonnement ? Il serait plus judicieux de se demander pourquoi on en a si peu parlé jusqu'à présent et pourquoi les promoteurs de l'industrie nucléaire sont si farouchement hostiles à évoquer les problèmes que pose l'évaluation des risques liés aux faibles doses. Quels sont les domaines concernés ?

1. Le domaine des faibles doses est celui des doses reçues par les travailleurs de l'industrie nucléaire (en dehors des accidents graves). Toute modification de la relation effet/dose devrait se répercuter sur les doses maximales admissibles des normes de radioprotection avec les conséquences que l'on peut prévoir sur les coûts d'exploitation et de construction des installations nucléaires.
2. C'est aussi le domaine des doses reçues par les populations vivant au voisinage des installations nucléaires, par suite des rejets contrôlés ou accidentels. La relation effet/dose devrait réagir sur les autorisations des rejets contrôlés. Une modification en baisse de ces autorisations compliquerait l'exploitation des installations et augmenterait les coûts de production.
3. C'est la relation effet/dose qui devrait être à la base de la stratégie à suivre en cas d'accident grave : évacuation ou non de populations importantes ou d'une fraction de la population (femmes enceintes par exemple). Ceci impliquerait la préparation de ces populations aux évacuations éventuelles.
4. Cette relation devrait être prise en compte dans les stratégies post-accidentelles en ce qui concerne par exemple les rejets volontaires d'effluents à des niveaux bien plus élevés que ceux autorisés habituellement. Le cas s'est présenté à Three Mile Island, le rejet rapide des gaz radioactifs accumulés dans le bâtiment du réacteur facilitait énormément la décontamination (donc réduisait les coûts).
5. La superficie que l'on devrait considérer comme inhabitable (et pendant combien de temps ?) à la suite d'accidents graves dépend de l'importance des effets biologiques des doses dites faibles. C'est un point important à prendre en compte pour la discussion de l'acceptabilité du risque nucléaire.
6. Les critères d'acceptabilité pour le stockage des déchets nucléaires dépendent (ou plutôt devraient dépendre) de l'importance des effets biologiques du rayonnement. C'est toute la gestion des déchets (y compris sa faisabilité) qui est concernée.

Enfin, signalons qu'un bilan de l'industrie nucléaire n'est crédible que s'il tient compte de la relation effet/dose et des problèmes qui se posent pour l'établir.

Ces quelques points montrent que le problème des faibles doses est essentiel pour le dossier nucléaire tant par ses implications économiques que par ses conséquences sur les critères d'acceptabilité.

Les propriétés fondamentales des effets des faibles doses compliquent considérablement leur étude. Les fai-

bles doses de rayonnement peuvent induire des cancers chez les irradiés et des malformations congénitables chez leurs descendants. Dans les deux cas, les effets prennent la même forme que les cancers et malformations que l'on peut observer naturellement. Il est donc impossible d'identifier individuellement ces effets. La seconde caractéristique est le temps de latence très long pour que ces effets soient cliniquement observables, plus de 20 ans pour les cancers, une à plusieurs générations pour les malformations congénitales. Seule, dans ces conditions, une étude statistique de données collectées sur un temps très long peut donner des résultats. Il n'est pas suffisant que les données ne soient pas biaisées, il faut encore être sûr de la représentativité (de la normalité) de l'échantillon de population étudiée, si l'on veut utiliser les résultats obtenus pour fonder les normes de la radioprotection.

Les responsables de la santé publique et ceux de la sûreté nucléaire ont bien intégré (consciemment ou non) ces caractéristiques des faibles doses dans leurs concepts. En cas d'accidents dans une installation nucléaire, les rejets radioactifs peuvent être importants. Leurs effets seront très différés. Comment reconnaître facilement les victimes 20 ou 30 ans plus tard ? Même s'il y en a beaucoup, elles seront mélangées à une population nombreuse. Seule une étude statistique pourra faire le dénombrement. Les victimes non individuellement identifiables ne pourront pas se plaindre. Dans ces conditions on conçoit qu'il soit très tentant de maîtriser l'information statistique (voir le décret du 23 février 1983 sur les documents administratifs non communicables au public) plutôt que de vouloir à tout prix maîtriser l'évolution de l'accident. L'évacuation des populations ne devient pas essentielle, surtout si le contrôle de l'information est fait correctement (cela devient un acte légal, voir le décret cité plus haut) et que toute panique est évitée. Avec ces perspectives, les plans ORSEC-Rad n'ont guère d'importance car ils ne sont pas destinés à servir et il est logique qu'ils aient été très négligés. Les institutions très centralisées que nous avons en France sont une condition très favorable à cette situation.

Les normes officielles de radioprotection sont fondées essentiellement sur une étude épidémiologique faite depuis 1950 sur les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki. Pour trouver la relation effet/dose, il est nécessaire de connaître, pour une population suffisamment nombreuse, les doses reçues d'une part et les causes de mort d'autre part. Pour cette étude, les doses reçues par les individus ont été évaluées à partir de la connaissance du lieu de leur présence au moment des explosions et des calculs de simulation des bombes. Depuis deux ans on sait que ces calculs reposent sur des hypothèses fausses et qu'ils doivent être refaits. Actuellement la situation est des plus confuses.

La connaissance des causes de mort sous-entend une comparaison avec la mortalité pour une population standard. Le problème soulevé par l'étude des survivants japonais et qu'on aurait dû poser initialement, est : cette population qui a survécu à une situation catastrophique, conséquence des bombardements, est-elle une population « normale » ? A-t-on le droit de transposer les résultats issus de cette population à des gens normaux qui n'ont pas survécu à un très fort taux de mortalité ? Cette

population de survivants a-t-elle une cohérence suffisante pour qu'on puisse faire des comparaisons internes entre les individus ayant reçu des doses faibles et ceux qui ont reçu de fortes doses ? S'il y a eu, suite aux bombardements, des effets parasites (par rapport à ceux que l'on désire étudier, c'est-à-dire les cancers et les malformations congénitales) dépendant des doses, alors il n'y a plus aucune justification pour la comparaison des divers groupes de survivants.

On s'aperçoit que les deux termes de la relation effet/dose dans l'étude des survivants posent des problèmes extrêmement difficiles à résoudre.

L'étude des travailleurs de l'usine nucléaire de Hanford, effectuée par Mancuso, Stewart, Kneale*, présente beaucoup moins de difficultés : les doses individuelles ont été effectivement mesurées (et non pas calculées), les travailleurs constituent une population beaucoup plus « normale » que celle des survivants, même s'il faut tenir compte du fait qu'ils ont été embauchés après vérification de leur bonne santé. Pourquoi, dans ces conditions, les officiels s'acharnent-ils à ne tenir compte que de l'étude la plus difficile, la moins précise ? La réponse est assez simple : l'étude la plus facile, la plus précise, remet en cause les évaluations officielles du risque d'un facteur 10.

Nous présentons ici la traduction d'un rapport que le Dr Alice Stewart, de l'Université de Birmingham (Department of Social Medicine, Cancer Epidemiology Research Unit), a écrit à la demande des avocats d'un groupe de citoyens américains en procès à la suite de

l'accident de Three Mile Island. Dans ce rapport, elle fait l'analyse critique des principales études effectuées sur l'effet cancérigène du rayonnement.

Son analyse des résultats obtenus sur les survivants japonais permet de comprendre la nature de l'anomalie dont il faut tenir compte pour les survivants. En particulier elle montre comment des effets non cancérigènes du rayonnement peuvent fortement influencer la mortalité par cancer et biaiser les résultats. Ces effets non cancérigènes apparaissent à des doses plus fortes que celles reçues généralement par les travailleurs. La conséquence qui en découle directement est qu'il n'est pas possible, sans prendre de grandes précautions (qui n'ont pas été prises), d'extrapoler les risques cancérigènes évalués aux doses fortes vers les doses faibles. C'est toute la radioprotection actuelle qui est mise en cause. Non seulement les facteurs de risque considérés par les normes seraient assez fortement sous-estimés, mais certains concepts à la base de ces normes n'auraient pas de sens.

Il s'agit là de questions concernant la santé publique et nous ne pouvons pas accepter qu'elles soient rejetées a priori, sans justification précise alors qu'en ce moment s'élabore dans le silence le plus total la nouvelle législation française sur la radioprotection, à la suite des recommandations faites par les experts des comités européens qui eux aussi ont travaillé dans le silence général.

*Se reporter à la fiche technique du GSIEN, n° 34.

II — Effets sur la santé de l'irradiation par des doses faibles

(Alice M. Stewart — septembre 1982)

EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Chaque fois qu'une cellule vivante se divise, le noyau se déploie pour former une série de fuseaux ou chromosomes dont chacun contient des double-ensembles de gènes suivant des séquences particulières qu'il est important de ne pas altérer. Au moment de la division cellulaire, il y a une séparation longitudinale des gènes appariés pour assurer l'identité des deux cellules filles dont le sort ultérieur dépendra des hormones et autres mécanismes biologiques dont le but est d'obtenir un contrôle central total de tous les tissus et cellules du corps. Par conséquent, le risque de dommage génétique causé par le rayonnement est probablement, mais ce n'est pas certain, accru pendant la division cellulaire. L'incertitude est identique lorsqu'il s'agit d'une division cellulaire rapide (par exemple lors de la croissance et de la réparation des tissus). Mais il semble qu'il n'y ait aucun doute quant à l'exceptionnelle sensibilité au rayonnement de la moelle osseuse (par destruction de cellules et dommages génétiques), tissu qui est la source aussi bien de cellules de la circulation sanguine que des cellules à courte vie.

Si le dommage dû au rayonnement est limité à un membre de chaque paire de gènes, l'activité de duplication des gènes restants assurera une réparation entière. S'il y a destruction des deux membres de la paire, il y

aura encore réparation chromosomique, mais probablement au coût d'un dommage génétique permanent. Par conséquent, les effets possibles du rayonnement sur la santé exigent la prise en considération de nombreux facteurs autres que les niveaux de doses¹. Par exemple, l'irradiation à de faibles niveaux de rayonnement peut être suivie par : 1) la mort ou la malformation d'un embryon ou d'un fœtus² (effets sur les femmes enceintes), 2) la formation d'une petite colonie ou « clone », de cellules à gènes endommagés, rendant impossible le contrôle central total sur le tissu et par voie de conséquence produisant des changements qui peuvent permettre au clone anormal soit de disparaître soit de se développer ultérieurement en cancer (mutations somatiques ou germes de cancers), 3) l'insertion de gènes anormaux dans un zygote nouvellement formé ou embryon dont l'état défectueux peut ne pas être évident (dommage d'un gène récessif), mais qui restera comme une source potentielle de dommages pour les générations futures (fardeau génétique).

EFFETS DES IRRADIATIONS SUR LA SANTÉ

Bien que l'exposition à la radioactivité soit une condition de la vie sur cette planète, tout ce qui est connu sur le

rayonnement a été appris depuis moins de 90 ans. Les rayons X et les isotopes radioactifs (le radium par exemple) ont eu des applications immédiates en médecine et dans l'industrie, ce qui amena le développement rapide de deux nouveaux domaines de recherche : la physique nucléaire et la radiobiologie. Les physiciens se familiarisèrent vite avec le processus de désintégration radioactive et inventèrent de nombreuses façons de bombarder les molécules par le rayonnement. Les biologistes découvrirent rapidement que les rayonnements étaient de puissants carcinogènes et qu'ils avaient des effets mutagènes directement proportionnels à la dose. Cependant, la prise de conscience des problèmes de santé, tels qu'ils se posent actuellement à nous, ne se fit pas avant la fin de la seconde guerre mondiale.

Les premières personnes qui expérimentèrent ces effets sur la santé, manifestement différents de tous les effets du rayonnement cosmique, furent les physiciens pionniers, qui avaient tout naturellement, mais d'une façon erronée, assimilé les conséquences nocives et les sensations douloureuses. Ils s'équipèrent de protections insuffisantes même contre les fortes doses et le résultat fut qu'ils présentèrent rapidement des signes d'une destruction lente mais irréversible de la peau, des tissus mous et des os des doigts et des mains. Ils souffraient également d'effets moins évidents de dommages de la moelle osseuse, tels qu'une perte d'hémoglobine résistant à toute forme de traitement (anémie aplasique³) et d'un état du sang qui fut, à cette époque, classé comme une maladie générale, mais qui est maintenant reconnu comme une forme de cancer (leucémie³). Ceci fut, en gros, la situation jusqu'aux bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki qui fournirent aux médecins leurs premières observations sur l'effondrement aigu de la moelle osseuse⁴ et aux épidémiologistes l'opportunité des premières études sur les effets retardés des rayonnements ionisants.

LES PREMIÈRES CRAINTES

L'inquiétude à propos des effets à long terme des rayonnements artificiels s'exprima pour la première fois au cours des années 50 à la suite de la découverte que le taux de mortalité par leucémie augmentait à la fois dans le pays qui avait le plus souffert des découvertes des physiciens nucléaires (Japon) et dans le pays qui en avait le plus bénéficié (les États-Unis). Au Japon, les principales victimes étaient les survivants des bombes A. En Amérique, les personnes impliquées avaient été exposées pour des raisons médicales à des rayons X ou à d'autres sources de rayonnement artificiel, en toute ignorance des dangers. Ainsi, la période qui suivit la fin de la guerre vit le départ de plusieurs projets de recherche orientés sur la leucémie.

Les sujets de recherche prenaient essentiellement la forme d'expériences effectuées sur des animaux. En pratique, ceci exige des doses relativement élevées. Pour obtenir ainsi des estimations des effets des faibles doses, il est nécessaire d'extrapoler les résultats obtenus à partir des observations faites aux fortes doses. Ces recherches comportaient aussi une enquête sur les malades à qui on avait administré de fortes doses de rayons X (dans des conditions strictement contrôlées) pour les soulager de douleurs et rompre les adhérences causées par une infirmité non maligne de la colonne vertébrale connue sous le nom de spondylarthrite ankylosante. Les premières observations reliant ces traitements radiologiques à la leucémie furent faites en Hollande, mais ce fut une étude

beaucoup plus vaste et plus systématique, en Grande-Bretagne, sur les malades du Service National de Santé, qui établit une relation de cause à effet entre l'irradiation et deux maladies, la leucémie myéloïde et l'anémie aplasique, qui survenaient aussi avec des fréquences anormales parmi les survivants des bombes A. Ni les malades, ni les survivants n'avaient de signes évidents de dommage de la moelle osseuse et il y a une forme de leucémie qui est virtuellement impossible à distinguer d'une anémie aplasique. Ainsi, aucune objection ne fut soulevée quand les résultats des deux enquêtes furent interprétés comme étant la preuve que les dommages génétiques⁵ causés par irradiation (même à très petites doses) ont comme effet le plus précoce et le plus caractéristique, le développement de leucémies myéloïdes. De nombreuses années se sont écoulées depuis cette époque où l'on espérait que cette forme de leucémie serait le seul effet retardé à long terme du rayonnement des bombes A. Mais c'est encore actuellement le point de vue officiel qu'il n'y a pas eu d'effets hormis les cancers et que moins de 1 % des morts parmi les survivants des bombes A, depuis octobre 1950, furent radioinduites (voir l'étude de mortalité dans le rapport n° 8 qui fut publié en 1977). Dans ce rapport, il n'est pas fait mention des personnes qui furent exposées *in utero*, mais pour 1 292 personnes de cette catégorie, il y a un rapport antérieur qui affirme « qu'il n'y a pas eu d'excès significatif de mortalité par leucémie ou autres cancers ».

ÉPIDÉMIOLOGIE

L'épidémiologie est une science d'observation qui tire son nom de l'impact le plus évident des maladies sur les populations, les épidémies. Bien que cette science ne nécessite pas une expérimentation compliquée, c'est un domaine relativement nouveau parce que les effets de groupe d'une maladie sont difficiles à reconnaître sans avoir recours aux statistiques officielles de mortalité. Aussi, les praticiens de cette discipline sont peu nombreux, surtout parce que la détection de causes ou d'effets à ce niveau exige des occasions favorables autant que des compétences spéciales. Par exemple, il n'est pas suffisant pour les chercheurs d'avoir en tête des objectifs particuliers et de savoir comment faire le meilleur usage des statistiques nationales. Ils doivent aussi organiser la collecte systématique de données d'origines diverses sur de longues durées. Quand les données sont rassemblées, ils doivent être capables de distinguer entre des résultats fortuits et des associations causales réelles, même lorsque les morts provoquées par des facteurs extérieurs prennent exactement la même forme que les morts par causes naturelles⁶ (voir le suivi des survivants des bombes A).

L'impulsion initiale d'une enquête épidémiologique est souvent donnée par la découverte d'une anomalie. Après avoir classé les morts en sous-groupes suivant le sexe, la date de la mort et l'âge afin de comparer les taux de mortalité avec ceux des statistiques nationales (analyse par les taux de mortalité normalisés, « standardised mortality ratio » ou en abrégé analyse SMR), on constate qu'il existe un groupe de personnes ayant un excès d'une ou plusieurs causes de mort. Suivant ce qui est déjà connu, l'enquête découvrira comment le sort de certaines personnes étudiées (les « cas ») se compare au sort de personnes similaires adéquatement choisies comme références (ou « contrôles »). Elle pourra aussi prendre comme « cas » et « références » des personnes concernées ou non par la maladie causant l'excès de mortalité. Si le choix se fait suivant l'exposition à un danger connu ou suspecté (le rayonnement par exemple), les données les

plus importantes qu'il faudra collecter seront les dates et les causes de mort. Si le choix se fait suivant une maladie ou un groupe de maladies (les cancers par exemple), les données les plus importantes seront les dates et les doses d'exposition au danger suspecté. Les deux approches exigent une évaluation non « biaisée » (non faussée) des « cas » et des « références ». La première enquête qui s'intéresse aux effets d'un danger (doses de rayonnement mesurées) exigera la collecte des données médicales pendant un temps long après l'exposition au danger. La seconde approche, qui recherche la cause d'une anomalie de mortalité observée ou suspectée, nécessite que les archives concernant le danger (les doses) aient été préservées. Les deux approches demandent évidemment des évaluations non biaisées⁸.

LES RECOMMANDATIONS DE LA CIPR⁹

La décision d'ajouter l'énergie nucléaire aux sources traditionnelles (le charbon, le gaz, le pétrole) fut prise il y a plusieurs années. Divers gouvernements furent encouragés à prendre cette décision par le fait que la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) était arrivée à la conclusion que, même s'il n'existait pas de dose de rayonnement totalement sans danger, les effets sur la santé seraient négligeables pourvu qu'on respectât d'une façon stricte les niveaux maximum de dose admissible pour les travailleurs et les populations. La Commission recommande actuellement que là où le port d'un film dosimètre individuel de contrôle est pratiquement impossible, les doses de rayonnement doivent être maintenues inférieures à 0,5 rem par an (recommandations pour la santé publique) et que là où le contrôle est possible (travailleurs sous rayonnement), les individus ne doivent pas recevoir plus de 5 rem par an ou plus de 3 rem sur une période de 13 semaines. En relation avec le rayonnement interne, la Commission a fait diverses recommandations pour les concentrations de substances radioactives dans le sol et l'eau, pour le contrôle des contaminations internes par ces substances dans certaines professions et les charges corporelles maximum admissibles.

Implicitement, dans toutes les recommandations de la CIPR, il y a l'hypothèse qu'une irradiation faible mais répétée (irradiation à faible débit de dose) est nécessairement moins dangereuse qu'une irradiation rapide pour une même dose finale de rayonnement. Aux fortes doses ceci est indubitablement vrai. A ces niveaux d'irradiation, ce qui importe, ce sont les effets de destruction étendue des tissus, et une réparation même partielle des organes endommagés est meilleure qu'une absence totale de réparation. De là découle l'extrême importance d'observer *directement* les effets des faibles doses sur des populations qui n'ont pas subi d'autres contraintes (en particulier des contraintes dont les conséquences dépendent des doses reçues comme dans le cas d'une explosion nucléaire), et de tirer le maximum de renseignements des rares opportunités d'études rencontrées, comme celles fournies par l'utilisation des examens radiologiques obstétricaux de routine et par le fait que tous les travailleurs sous rayonnements sont enregistrés et portent des films dosimètres *mesurant* les doses reçues de rayonnement externe.

IRRADIATION DES FOETUS ET CANCERS DES ENFANTS

L'enquête la plus connue de ce type est celle qui fut ouverte en 1955 en Angleterre, à Oxford, pour découvrir pourquoi l'augmentation de la leucémie après la guerre avait un effet aussi disproportionné sur les enfants de 3 ans au point qu'il y avait un pic détectable de mortalité par leucémie dans les statistiques nationales pour les enfants de 3 ans. Comme première approche de ce problème, il fut décidé d'inclure toutes les formes de cancers chez les enfants dans des séries de comparaisons entre « cas » et « références », et d'admettre comme principales sources d'information les mères des « cas » (c'est-à-dire des enfants morts récemment) et les mères des « références » (c'est-à-dire des enfants vivants, individuellement appariés pour le sexe, la date de naissance et la région, avec les enfants des « cas »). L'identification des certificats de décès des « cas » (c'est-à-dire de tous les cancers en Angleterre, fatals avant l'âge de 10 ans pendant les trois dernières années), ne posait aucun problème. Avec l'aide des autorités locales du ministère de la Santé — qui fournirent les enquêteurs et obtinrent les « références » adéquates à partir des registres des naissances — il fut possible de couvrir d'abord l'Angleterre et le Pays de Galles et plus tard l'Écosse. Finalement, comme on s'attendait à ce que ce pic précoce de mortalité par leucémie fut le résultat de quelque influence prénatale, les mères furent interrogées sur leurs examens radiologiques pendant leur grossesse. On découvrit ainsi que les examens qui avaient nécessité l'irradiation du corps entier de l'enfant avant la naissance (examens radiologiques abdominaux) furent rapportés deux fois plus souvent par les mères des enfants morts que par les mères des enfants de référence.

Pour des raisons qui seront expliquées plus loin et qui sont toutes liées à la difficulté de faire admettre que les enquêtes épidémiologiques ne sont pas nécessairement inférieures en qualité aux expérimentations sur les animaux, cette étude se poursuit encore et fonde maintenant ses résultats sur des milliers de cas de cancers. De ces comparaisons entre les cas (enfants morts par cancers) et les références (enfants vivants), nous avons appris qu'une exposition unique à une dose de rayonnement délivrée par un radiodiagnostic, peut être suffisante pour causer un cancer, si celui qui le reçoit est un fœtus humain. Nous avons appris que le risque est beaucoup plus grand pour des irradiations faites juste après la conception (ce qui est rare) que pour des irradiations juste avant la naissance (ce qui est plus fréquent) et que l'effet du rayonnement est indépendant des autres facteurs associés au cancer. L'effet trouvé ne dépend absolument pas des raisons qui ont justifié les radiographies pendant les grossesses.

Sur la base de ce qui fut trouvé pour 1 299 enfants qui moururent de cancer dans les trois premières années (1953-55), il fut estimé que « moins de 1 pour mille des examens prénatals par rayons X effectués pendant ces récentes années, avaient conduit à une mort par une maladie maligne avant l'âge de 10 ans » et comme la grande majorité des enfants n'est pas irradiée *in utero*, moins de 7 % des cas de cancers furent radioinduits. Ceci ne donne pas plus d'une mort par semaine en Angleterre. D'autre part, les examens radiologiques pendant la grossesse affectaient de la même façon les tumeurs solides et les leucémies, alors que dans les statistiques nationales seule la leucémie présentait un pic. De plus, l'effet des rayons X sur les fœtus se voyait aussi sur les enfants

de 5 à 10 ans, alors que le pic des leucémies se plaçait vers 3 ans. Par conséquent, l'irradiation des fœtus ne pouvait pas être la cause du pic précoce de mortalité par leucémie. En bref, la découverte d'une relation causale entre l'exposition aux rayons X pendant la grossesse et les cancers chez les enfants, ne fut qu'un accident et n'aurait jamais été faite si le pic précoce de mortalité par leucémie n'avait suggéré la possibilité d'un lien entre des événements prénataux et les cancers des enfants.

Il y eut de nombreuses tentatives pour discréditer l'enquête sur la mortalité par cancers chez les enfants. Les critiques les plus bruyants furent les radiobiologistes dont les expériences étaient compatibles avec une absence de risque cancérogène aux doses faibles (hypothèse du seuil¹⁰) et les obstétriciens qui insistaient pour dire que le bénéfice des radiographies obstétricales l'emportait de loin sur les risques qui pourraient en découler. Ainsi l'enquête fut prolongée non seulement pour s'assurer qu'aucune erreur n'avait été commise, mais aussi pour tirer pleinement parti d'une situation créée par l'utilisation des rayons X qui était supposée ne pas se poursuivre (en fait elle se poursuivit). Le but fut alors d'obtenir les données sur tous les enfants qui naquirent entre 1953 et 1963 et qui vécurent plus de 15 ans ou moururent d'une maladie maligne (ce qu'on appelle « l'approche par la cohorte des naissances ») en vue d'éclairer le problème nouveau posé par la découverte de cas d'origine foetale.

En 1970, il y avait plus de 7 000 paires de cas/références dont les naissances s'échelonnaient de 1943 à 1965. On essaya d'obtenir une estimation de l'effet d'irradiation des fœtus sous la même forme que celle adoptée par le comité BEIR¹¹ pour les irradiations de populations plus âgées. Selon notre estimation, « si un million d'enfants étaient exposés juste avant la naissance à 1 rem de rayonnements ionisants, il y aurait de 300 à 800 morts supplémentaires avant l'âge de 10 ans dues à des cancers radioinduits (estimation moyenne 572 morts avec une erreur standard de 133) ».

Plus de 10 ans après, cette estimation était confirmée par une étude de la mortalité par cancers chez les enfants au Japon en relation avec le rayonnement naturel. Mais sur le coup on jugea que c'était une grossière surestimation du risque véritable. Ce jugement provenait d'un article sur « les cancers chez les enfants en relation avec l'exposition prénatale au rayonnement des bombes atomiques », qui déclarait que « seule une révision énergétique de la valeur du coefficient linéaire (c'est-à-dire les 572 morts par million de personne x rad) pourrait réconcilier les résultats obtenus sur les survivants des bombes A avec le modèle de l'enquête britannique ». Cet article affirmait d'une façon plus précise : « Le nombre observé de morts par cancers n'était seulement qu'une fraction du nombre attendu d'après le modèle de l'enquête britannique ».

Se basant sur ce résultat, la CIPR fut portée à croire qu'il y avait une erreur, non pas dans l'étude des effets des bombes A mais dans celle des effets des rayons X pendant la grossesse. Ceci demeura l'impression générale et en 1977 les recommandations du Conseil National (américain) de Radio Protection et de Mesure¹² (rapport NCRP, n° 53) comportaient l'avertissement suivant :

« Qu'il y ait ou non, ou jusqu'à quel point y a-t-il une relation de cause à effet entre l'irradiation durant la vie du fœtus par des examens de radiodiagnostic et l'accroissement de la mortalité par cancers chez les enfants, est une question ouverte, puisque ni les recherches en laboratoire, ni les observations cliniques n'ont appuyé jusqu'à présent l'idée que de très faibles doses de rayonnement pourraient augmenter les fréquences relatives de

toutes les catégories de cancers chez les enfants jusqu'à la valeur rapportée (50 %)»¹³. Jusqu'à présent, les tentatives pour accroître expérimentalement la fréquence des cancers par de petites doses de rayonnement sur des fœtus d'animaux ont échoué. On ne peut cependant pas exclure la possibilité que les conditions liées aux raisons qui ont conduit à pratiquer les radiodiagnostic eux-mêmes, ne soient associées à l'accroissement du risque de cancer chez les enfants. Ainsi, bien que les enfants nés de mères irradiées pendant la grossesse pour des radiodiagnostic semblent avoir un risque accru de cancer après la naissance, il reste encore une possibilité qu'une partie de cette association soit causée par des facteurs autres que le rayonnement. »¹⁴

Pourtant, même avant qu'il ne soit imprimé, le rapport de la NCRP était périmé car pendant l'année précédente, deux articles furent publiés qui finalement convainquirent tout le monde sauf les conservateurs les plus irréductibles, qu'il devait y avoir un risque cancérogène associé aux radiographies obstétricales.

Selon le second article, lorsqu'il y avait eu des raisons médicales pour justifier l'examen radiographique de la mère enceinte (ce qui n'est pas fréquent), le risque de cancer était plutôt *réduit* qu'augmenté. En effet, ces raisons médicales étaient naturellement fortement liées à un risque de mortalité néonatale ou à celui d'une naissance de mort-né. Il était donc possible que d'autres causes de mort (plus fréquentes chez ces enfants que parmi les autres) pendant la période de latence des cancers, conduisent à des morts prématurées avant que les cancers induits aient eu le temps de s'exprimer. Ceci produit un changement apparent de l'effet. Ces hypothèses ont depuis été testées et les résultats suggèrent que le moment fréquent pour les radiodiagnostic chez les femmes enceintes (qui se place dans les 2 mois qui précèdent la naissance) arrive *après* la période habituelle pour l'induction d'un cancer chez l'enfant. D'autre part, une sensibilité accrue aux infections précède les autres manifestations des cancers chez les enfants et est spécialement prononcée vers la fin de la phase de latence de la leucémie.

Ainsi, la cause la plus vraisemblable de l'observation du pic précoce de la mortalité par leucémie, fut l'arrivée de quelque chose qui réduisait le risque de mort par infection (*les antibiotiques*), mais qui était sans pouvoir pour empêcher une mort par leucémie si l'enfant avait déjà atteint à la naissance un état avancé de préleucémie.

LES TRAVAILLEURS DE L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE

A cause de l'intérêt général porté aux effets à long terme des essais d'armes nucléaires, une équipe de chercheurs américains fut chargée de regarder si la santé des employés de l'AEC (Commission de l'Énergie Atomique américaine) dans les installations nucléaires avait souffert d'une façon quelconque de l'exposition répétée à de petites doses de rayonnement. L'intention était de faire pour les travailleurs d'Oakridge dans le Tennessee, de Hanford dans l'État de Washington et de Los Alamos au Nouveau Mexique, ce qui avait été fait pour les survivants des bombes A au Japon. La collecte des données démarra plus tard pour les travailleurs (1964) que pour les survivants japonais (1951). Pour les travailleurs, les archives sur les doses reçues remontaient à 1944 et il y avait une assez bonne perspective de pouvoir identifier les dates et les causes de mort par le système des assurances-vie de la Sécurité Sociale.

Les premiers résultats de l'enquête sur les travailleurs étaient aussi rassurants que les derniers résultats de l'enquête sur les survivants japonais. Pourtant certaines difficultés apparurent en 1974, et en 1976 il était loin d'être évident que l'observance stricte des recommandations de la CIPR avait eu l'effet supposé (c'est-à-dire maintenir le risque de cancer chez les travailleurs en-dessous d'un niveau détectable).

Le fait que les résultats négatifs trouvés pour les survivants des bombes A qui furent irradiés *in utero*, n'aient pas été confirmés par une étude beaucoup plus poussée sur les femmes ayant subi des radiodiagnostic pendant leur grossesse, aurait dû attirer l'attention sur la possibilité que l'ensemble des bases des recommandations de la CIPR était peu fondé. Mais l'industrie nucléaire, ainsi que la CIPR furent surprises et elles dénièrent rapidement toute valeur et implication aux rapports défavorables.

Le changement de résultat, passant d'une étude qui favorisait l'idée qu'il existait une dose en-dessous de laquelle il n'y avait pas d'effets cancérigènes (hypothèse du seuil) à une étude capable de détecter un risque de cancer à des niveaux de dose bien inférieurs à ceux recommandés pour la santé publique (0,5 rem par an), fut supposé être la conséquence d'une série de tests inappropriés (analyse par comparaisons des doses moyennes¹⁵) qu'on avait fait subir aux données recueillies sur les travailleurs de Hanford.

Pourtant, deux ans avant que ne fuisse connus les premiers résultats de cette analyse (voir MSK I table I), le Département de la Santé de l'État de Washington avait trouvé que les employés de Hanford avaient un excès de mortalité par cancers de 25 % par rapport à des employés d'autres professions. La publication de ces résultats fut retardée, ce qui donna le temps nécessaire à la Fondation Hanford pour l'Environnement et la Santé (HEHF : Hanford Environmental Health Foundation) de faire une évaluation de l'analyse du Département de la Santé de l'État de Washington. Bien que les auteurs du rapport de la HEHF ne fissent pas partie de l'équipe initiale des chercheurs, ils eurent accès aux archives concernant les doses reçues par les employés de Hanford. Ils furent ainsi capables de montrer que l'excès de cancers existait bien et qu'il était relié aux doses reçues¹⁶. Pour une raison que nous ignorons, ce rapport ne fut jamais publié bien qu'il arrivât à la conclusion que « quelque chose d'autre que le rayonnement » était probablement responsable de la corrélation observée. Entre temps, ignorant ce qui se passait à Hanford, l'auteur de la méthode d'analyse par comparaison des doses moyennes (George W. Kneale) comparait les morts par cancers et ceux par non-cancers. Il arrivait aux conclusions suivantes (fondées sur les morts de 1944 à 1972) : pour des doses reçues bien inférieures aux limites considérées comme sans danger par la CIPR, il y avait des différences significatives entre les « cas » (morts par cancers) et les « références » (morts par non-cancers). Ces différences 1) impliquaient beaucoup plus le rayonnement reçu plusieurs années avant la mort que celui reçu juste avant la mort, 2) fournissaient la preuve d'une corrélation positive entre l'âge et l'induction de cancers par le rayonnement (par exemple pour la moelle osseuse, le pancréas et les poumons). Sur la base de ces résultats, l'estimation du risque fut calculée et s'avéra être plus de 10 fois supérieure à celle fondée sur la mortalité des survivants des bombes A.

Ces estimations et les preuves sur lesquelles elles étaient fondées rencontrèrent une presse défavorable. Les critiques vinrent de physiciens nucléaires, de radio-

biologistes, de ceux qui analysèrent les données japonaises et des conseillers de la CIPR, des institutions nationales et internationales chargées de faire la synthèse des recherches effectuées sur les effets biologiques du rayonnement. Les critiques demandèrent que d'autres évaluations des risques soient faites à partir des données de l'enquête. Ces requêtes conduisirent quatre services gouvernementaux (3 aux États-Unis et 1 en Angleterre) à subventionner des analyses des données de Hanford indépendantes de la version HEHF. Entre temps, les auteurs des estimations impopulaires furent laissés avec leur version, mais ils ne purent élargir leur base de données car le Département (américain) de l'Énergie confisqua toutes les données de l'enquête relative aux travailleurs d'Oak Ridge et de Los Alamos ainsi que toutes les données de Hanford postérieures à 1975¹⁷.

En tête des critiques, il y eut d'abord le Bureau National de Protection Radiologique (NRPB : National Radiation Protection Board) en Angleterre. La première des deux réponses aux critiques qui nous furent faites, fut publiée en 1978. A ce moment, la plupart des morts survenues entre 1944 et 1977 parmi les travailleurs de l'usine de Hanford, avaient été identifiées (voir MKS II dans le tableau).

Analyses MSK des données de Hanford

MSK (série)	Rapports publiés	Année	Base des données
I	Proceedings HPS (Saratoga Spring) Health Physics	1976 1977	Morts de 1944-1972 Analyse CMD
II	Proceedings IAEA (Vienne) Ambio	1978 1980	Morts de 1944-1977 Analyse CMD
III	British Journal of Industrial Medicine	1981	Travailleurs de 1944 à 1975 morts de 1944 à 1977 Analyse RMLT

MKS Mancuso, Stewart et Kneale

HPS Health Physics Society

IAEA International Atomic Energy Agency

CMD « Comparative mean dose » (comparaison des doses moyennes)²²

Ambio Revue scientifique publiée en Suède

RMLT Analyse par la méthode des modèles de régression par les tables de mortalité (Regression Models in life tables)

La première analyse incluait tous les travailleurs ayant ou non porté de film-dosimètre. La seconde analyse par les doses moyennes comparées a été faite sur une base de données plus large, mais elle fut restreinte aux travailleurs qui avaient été répertoriés avec certitude comme porteurs de film-dosimètre. Ceci réduisait le nombre des travailleurs à dose nulle et conduisait par conséquent à une différence sur l'estimation finale du risque. Le changement qui en résultait donnait des estimations plus faibles du risque qui étaient certainement meilleures. Néanmoins, il n'y avait rien de fondamentalement faux dans la méthode utilisée. L'article suivant, de 1978, montrait que, étant donné la taille limitée de la population étudiée et les courtes périodes du suivi de beaucoup de travailleurs, une analyse CMD avait une puissance au moins quatre fois supérieure à une analyse SMR (Standard Mortality Ratio : taux de mortalité normalisés) qui était la méthode préconisée par les critiques de l'article de 1977. Les articles plus récents ont montré qu'on pouvait

obtenir une distribution non biaisée des doses cumulées en utilisant une échelle logarithmique. Cette modification mettait toujours clairement en évidence que le risque croissait avec les doses. En aucun cas, l'effet du rayonnement n'était diminué si l'on tenait compte (*simultanément*) d'éléments tels que le sexe, la date de naissance, la date d'embauche, la durée de l'emploi ou les niveaux de contrôle des contaminations internes. Il restait cependant vrai que les doses cumulées étaient plus fortes pour les travailleurs encore vivants que pour ceux qui étaient déjà morts. Ce point a été à l'origine la raison pour laquelle les autorités officielles avaient considéré *a priori* que les travailleurs de l'industrie nucléaire n'avaient couru aucun risque supplémentaire. Par contre, les chercheurs qui menaient l'enquête, suspectant dans cet effet un artefact, décidèrent au départ de restreindre l'analyse aux travailleurs morts.

Enfin, les derniers articles montraient aussi ce qu'on obtenait en greffant sur l'habituelle classification anatomique des cancers suivant les organes atteints, la classification (déjà existante) des tissus suivant leur sensibilité à la radioinduction de cancers. Cette classification mettait la moelle osseuse, les intestins, les poumons et les seins des femmes dans une catégorie radiosensible (cancers du groupe A). Ceci permettait de focaliser l'attention d'une façon très fine sur les effets du rayonnement et de travailler uniquement sur le diagnostic de deux groupes (les cancers des tissus radiosensibles du groupe A d'une part, et les autres cancers du groupe B, d'autre part). Cette simple dichotomie nous rapprocha considérablement de la solution d'un problème multifactoriel (ce qui est crucial dans toutes les enquêtes épidémiologiques). Elle eut aussi un effet inattendu. Elle révéla un sérieux déficit de cancers enregistrés dans les groupes d'âge les plus vieux (qui étaient aussi les groupes à doses fortes) car ce déficit (identifié depuis comme étant dû aux cancers de la prostate et autres organes génito-urinaires) affectait beaucoup plus le groupe B que le groupe A.

Bien que les principaux résultats publiés dans l'article de 1977 aient été complètement justifiés par la seconde analyse (CMD) (qui incorporait plusieurs éléments suggérés par les critiques), la mauvaise presse persista. Pour les scientifiques qui n'étaient pas directement impliqués dans la controverse, il leur était difficile de réaliser que les résultats initiaux avaient été confirmés par des chercheurs indépendants de ceux de l'étude contestée. Les objections ne portaient plus sur les observations. Il était reconnu qu'il y avait un excès de cancers chez les travailleurs de Hanford, que cet excès dépendait des doses reçues. Les objections portaient uniquement sur les conclusions, à savoir que les estimations du risque cancérigène du rayonnement étaient beaucoup plus fortes que celles trouvées chez les survivants des bombes A, par contre elles étaient compatibles avec celles trouvées lors de l'étude des cancers chez les enfants en relation avec le radiodiagnostic des femmes enceintes. Cependant, la conclusion préférée des critiques affirmant que quelque chose d'autre que le rayonnement est à l'origine des anomalies observées sur le nombre de cancers, devrait maintenant expliquer les résultats qui mettent en évidence la cause profonde des fortes doses cumulées par les travailleurs encore en vie.

L'article qui montre comment les travailleurs vivants se placent par rapport au groupe A des cancers et aux autres causes de mort, a eu une histoire mouvementée. Il y a plus de deux ans, il était presque accepté par la revue suédoise qui avait déjà publié les réponses aux critiques de la NRPB (voir *Ambio* dans le tableau des publications). Mais au dernier moment, quelqu'un souleva la

question du référendum national sur l'énergie nucléaire. Le résultat en fut qu'un troisième conseiller du comité de lecture se prononça contre la publication. Le processus d'examen préalable de l'article prit plus d'un an et même après l'acceptation par le « *British Journal of Industrial Medicine* », il y eut d'autres retards dus à la NRPB qui insista pour publier simultanément des commentaires (défavorables). Le résultat de cette affaire est qu'un article qui a été écrit en 1979 n'a pas encore été examiné par la CIPR. Jusqu'à présent, la Commission a résisté à toutes les demandes de modification des bases scientifiques de ses recommandations de sûreté, mais les experts responsables qui la conseillent devront ou bien changer d'avis ou bien trouver de nouvelles raisons pour préférer fonder les estimations du risque cancérigène de rayonnements à partir de l'enquête sur les survivants japonais plutôt qu'à partir de celle sur les travailleurs de l'énergie nucléaire.

La comparaison entre les travailleurs encore vivants et ceux qui sont morts a pris la forme de « l'analyse des morts d'une cohorte de travailleurs de Hanford de 1944 à 1977, par la méthode des modèles de régression dans les tables de mortalité ». Cette savante analyse confirma un effet du rayonnement pour les cancers du groupe A et montra que la raison pour laquelle les travailleurs encore vivants avaient reçu des doses plus fortes que ceux déjà morts est que l'industrie nucléaire ne manque pas de recruter pour les travaux à haut risque les membres les mieux portants de sa force de travail. Le recrutement sélectif de travailleurs du point de vue de la santé a des effets qui incluent un risque réduit de mourir de causes naturelles dans des travaux à haut risque.

Dans l'analyse il faut tenir compte de ce facteur car le niveau des doses pour les travailleurs qui étaient encore en vie à la fin de la période considérée, est beaucoup plus élevé que le niveau des doses des travailleurs qui moururent pendant cette période. La différence est si grande qu'en prenant ces valeurs brutes cela impliquerait un effet bénéfique du rayonnement aux faibles doses, tellement élevé que même une seule année de travail dans l'industrie nucléaire aurait réduit les risques de mourir de toutes causes, y compris les accidents de la route et les cancers ! Ceci était un non-sens statistique. Le problème qui se posait alors était de savoir comment obtenir une *mesure de la sélection* qui est à l'origine de l'artefact. La méthode évidente, consistant à contrôler les travaux réellement effectués chaque année par chaque travailleur, était impossible à utiliser. Dans la version codée des données professionnelles il y avait un choix de 8 000 postes de travail pour la population étudiée, certains individus ayant occupé 20 postes différents. Une des alternatives consistait à prendre pour la mesure du risque lié au poste de travail le nombre de fois où les travailleurs avaient été contrôlés pour contamination interne ainsi que le nombre de fois où ces contrôles avaient mis en évidence de la radioactivité sur les vêtements ou dans les urines (biotests liés aux dangers professionnels).

Une classification en quatre niveaux suivant cette procédure réduisit la différence entre les survivants et les non survivants à quelque chose d'insignifiant. La preuve certaine d'un effet du rayonnement apparaissait pour les cancers du groupe A. Pourtant des objections furent soulevées. Elles portaient sur deux points : 1) aucune considération relative à la contamination interne ne devrait pouvoir affecter une analyse des effets du rayonnement externe, 2) dans une analyse par les tables de mortalité, il n'est pas légitime d'assimiler le statut (la situation) d'un travailleur à un moment donné avec son statut à différents moments antérieurs¹⁰.

Si moins de deux ans s'étaient écoulés entre le moment où fut achevée l'analyse par les tables de mortalité et la publication du rapport, ces objections n'auraient pas affecté la preuve d'un effet du rayonnement pour les cancers du groupe A, car elles n'étaient pas valables, ce que nous avons montré par la suite : 1) en calculant l'espérance de vie des travailleurs en fonction de leurs postes de travail tels qu'ils étaient codés, 2) en construisant à partir de ces données une échelle de l'espérance totale de vie et 3) en permettant à cette échelle de remplacer l'échelle des biotests des dangers professionnels.

Suite à la confirmation d'un résultat positif pour les cancers du groupe A (c'est-à-dire pour les cancers des tissus qui étaient connus comme sensibles à l'induction de cancer par le rayonnement, ou suspectés de l'être), la méthode des modèles de probabilité maximale pouvait être utilisée pour affiner l'estimation du risque. Cette seconde partie de MSK III comportait les résultats suivants :

1. La courbe de réponse en fonction de la dose pour les cancers du groupe A, que tout le monde supposait être soit une ligne droite soit une ligne courbe à la concavité tournée vers le haut, se trouvait être une ligne courbe à concavité tournée vers le bas. En d'autres termes, au lieu d'avoir un effet directement proportionnel à la dose (hypothèse linéaire) ou un effet réduit aux doses faibles (hypothèse d'un seuil), on trouvait que l'effet par unité de dose était accru aux faibles doses. Comme la meilleure représentation était une courbe obéissant à une loi en racine carrée, le risque pour 1 rad de rayonnement ionisant serait 32 % du risque pour 10 rad (au lieu de 10 % dans l'hypothèse linéaire), c'est-à-dire 3 fois plus élevé que le risque découlant de l'hypothèse linéaire considérée par les institutions de radioprotectons comme la plus prudente des estimations¹⁹.

2. Dans le domaine d'âge couvert par les archives (de 20 à 65 ans), il y avait la preuve d'un accroissement progressif de la sensibilité d'induction de cancers par le rayonnement avec l'âge. Le taux d'augmentation était tel que l'addition de 8 ans à l'âge au moment de l'irradiation, augmentait le risque d'un facteur supérieur à 2. Ainsi la courbe de sensibilité en fonction de l'âge avait la même allure que la courbe spécifique de mortalité générale en fonction de l'âge.

3. Le risque le plus grand de mourir d'un cancer à la suite d'un dommage génétique dû au rayonnement (induction de cancer) apparaissait après un délai de 25 ans. Comme cette estimation est basée sur des données couvrant une durée maximum de 33 ans, il pourrait y avoir un intervalle encore plus long pour le risque maximal. En attendant, on peut supposer qu'un intervalle court entre l'induction d'un cancer, et la mort, sans être impossible est très improbable. Par conséquent, pour l'irradiation durant la seconde moitié de la vie d'un adulte, il y a un risque non négligeable de mourir d'autres causes pendant la phase de latence des cancers radio-induits.

4. Pour les cancers du groupe A, qui comptent normalement pour les 3/4 de toutes les morts par cancers, la dose de rayonnement externe qui est nécessaire pour doubler le risque normal pour une personne de 40 ans est d'environ 15 rad. Ceci est très voisin des 14 rad de l'estimation de 1978 basée sur l'analyse CMD des morts par cancers et non-cancers incluse dans l'analyse par les tables de mortalité²⁰. Ces résultats devraient encourager les épidémiologistes à utiliser cette méthode puisque l'industrie

nucléaire n'est pas la seule industrie pour laquelle les travailleurs les mieux portants effectuent les travaux les plus dangereux (à noter les différences entre les mineurs de fond et les travailleurs de surface dans l'industrie minière du charbon)²¹.

AUTRES TRAVAILLEURS SOUS RAYONNEMENT

Bien qu'il soit encore trop tôt pour que la CIPR et les autres commissions spécialisées aient eu le temps de réagir à la dernière analyse MSK des données sur les travailleurs de Hanford, les preuves s'accumulent contre l'attachement inconditionnel de ces commissions vis-à-vis de l'estimation du risque faite à partir des survivants des bombes A. L'histoire suivante le montre bien. Dans les recommandations les plus récentes (CIPR 26), les facteurs de risque pour divers types de cancers sont explicités. Parmi ceux-ci, le facteur de risque pour le cancer des seins est donné : 25 extra-cancers radiogéniques pour 1 million de femmes exposées chacune à 1 rem de rayonnement ionisant. Cette estimation du risque absolu et les dernières évaluations du risque relatif d'après MSK peuvent maintenant être comparées à une situation concrète.

Une enquête portant sur 1 110 femmes qui travaillèrent pendant la seconde guerre mondiale dans l'industrie des cadrans luminescents au radium, a identifié 16 morts par cancer des seins, alors que le nombre attendu d'après les statistiques nationales était de 10,3. Pour l'ensemble des causes de mort, le nombre observé (89) était plus petit que le nombre attendu (112). Par conséquent on en a conclu que, malgré l'existence d'un effet de « travailleur bien portant », il y avait un excès réel de morts par cancers du sein et que le risque relatif était égal à $16 : 10,3 = 1,55$. La dose moyenne reçue par les 1 110 travailleuses était de 36,4 rem. Ainsi, pour reprendre la formulation du Comité BEIR, si un million de femmes avaient été exposées à 1 rem, le nombre de morts supplémentaires aurait été de $(16 - 10,3) \cdot 10^6 / 1110 \times 36,4 = 141$, ce qui est de 5 à 6 fois plus fort que l'estimation du risque absolu de la CIPR qui n'en prévoit que 25. La comparaison avec les évaluations de MSK III du risque relatif ne peut pas se faire aussi facilement. On peut y parvenir en postulant l'existence d'une femme qui serait née en 1915, qui aurait travaillé dans cette industrie de 1940 à 1945 avec une dose annuelle de 6,1 rem et serait morte d'un cancer du sein en 1970. Pour une telle femme, la dose réelle cumulée aurait été de 36,4 rem et la dose transformée pour tenir compte de la variation de l'effet cancérigène du rayonnement avec l'âge (ou « dose effective cancérigène ») aurait été de 8,2 rem. Par conséquent, en supposant une courbe de réponse typique (curvilinéaire) et en comparant avec les cancers des autres tissus radiosensibles, le risque relatif serait de 1,74, ce qui est assez voisin de l'estimation initiale de 1,55.

Ce qui est bizarre dans cette histoire, c'est que les auteurs de cette étude sur les travailleuses de l'industrie des cadrans luminescents pensaient d'une façon évidente que leurs résultats corroboraient les recommandations de la CIPR et par conséquent renforçaient l'idée que toutes les estimations de MSK exagéraient grossièrement les risques de cancer pour les faibles doses de rayonnement. Cependant, d'après leurs propres preuves, il est possible de voir que l'estimation du risque d'après les survivants des bombes A (qui est la justification principale des recommandations de la CIPR) est beaucoup plus éloignée des faits observés que celle basée sur l'étude des travailleurs de Hanford.

LES SURVIVANTS DES BOMBES A

Il y a des similitudes évidentes entre les effets de sélection des « travailleurs bien portants » dans l'industrie nucléaire et les effets de sélection des « survivants bien portants » après une explosion nucléaire.

Mais dans le premier cas la sélection précède l'irradiation, alors que dans le second cas elle est causée par le rayonnement. De plus, dans l'industrie nucléaire il n'y a aucun doute sur l'existence de travailleurs exceptionnellement bien adaptés qui ont survécu à plus de maladies et d'accidents que des gens moins résistants, alors qu'à la suite d'une explosion nucléaire les personnes qui ont le plus de chance de survivre sont aussi les personnes qui ont la plus grande probabilité de souffrir des effets non cancérogènes du rayonnement y compris des dommages causés à la moelle osseuse (c'est-à-dire l'aplasie médullaire qui est la cause profonde de l'anémie aplasique).

Ainsi, alors qu'un déficit de morts par non-cancers parmi les travailleurs de Hanford a dû aider à déceler un risque cancérogène forcément petit des faibles doses de rayonnement, un déficit similaire parmi les survivants des bombes A ne pouvait avoir que des effets trompeurs. Cette mortalité plus faible par non-cancers existait en dépit des séquelles dues aux bombardements. Le déficit de mortalité par cancers tant chez les travailleurs de Hanford que chez les survivants japonais dépendait des doses reçues. Cependant, l'apparence de normalité chez les survivants japonais avait une probabilité plus grande d'être un artefact qu'un fait authentique.

Sans la possibilité d'avoir un accès direct aux données japonaises, il est difficile de savoir ce qu'il aurait fallu faire pour contrôler les effets sur la santé de la forte mortalité initiale. Cependant un examen même superficiel des rapports sur la mortalité japonaise suffit à montrer qu'il y eut une tendance générale à prêter plus d'attention aux résultats qui confirmaient l'hypothèse supposant qu'il n'y avait pas d'effets à long terme autres que les cancers, plutôt qu'aux résultats qui n'étaient pas compatibles avec cette hypothèse.

EXAMEN DES ESTIMATIONS OFFICIELLES DU RISQUE POUR LES SURVIVANTS DES BOMBES A

La source de ces estimations est une étude de population portant approximativement sur 80 000 personnes qui furent identifiées par un recensement 5 ans après les bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki. Pour être plus précis : les deux villes furent bombardées en août 1945, le suivi de la population commença en octobre 1950 et, afin d'estimer l'effet du rayonnement, l'étude de population fut par la suite limitée à 79 736 personnes pour lesquelles les doses reçues furent évaluées (rapport T65). L'échantillonnage des survivants comprenait approximativement la totalité des personnes qui se trouvaient dans un périmètre correspondant à des doses potentiellement léthales et environ 30 % des personnes qui se trouvaient au-delà de cette distance. Ainsi, la dose moyenne pour la population étudiée (24 rad) est plus forte que celle estimée pour l'ensemble des 285 000 survivants (à 5 ans) (17 rad). Cependant, même dans ces conditions, il y avait dans la population étudiée 34 634 personnes ayant reçu des doses voisines de zéro et 20 502 personnes dont les doses estimées étaient inférieures à 10 rad.

De temps en temps, ces sous-groupes de la population classée par doses, ont été comparés avec les statistiques nationales (analyse par les taux de mortalité normalisés ou SMR), mais les estimations de l'effet du rayonnement ont toujours été basées sur des comparaisons internes des sous-groupes pour 8 niveaux de doses. Elles ont été rendues publiques pour des périodes de 7 années calendaires (analyse du risque relatif avec des contrôles par sexe, âge au moment de l'irradiation, ville). Dans ces conditions, les seules causes de mort dont l'origine radiogénique a pu être prouvée sont : 1) la leucémie, avec une accentuation spéciale pendant les premières années (1950-58) et les formes les plus aiguës de leucémie myéloïde, 2) d'autres maladies du sang dont l'origine pourrait être un artefact dû à la difficulté de distinguer l'anémie aplasique de la leucémie, et 3) les tumeurs solides qui causent actuellement plus de morts radiogéniques que la leucémie, mais qui, avant 1960, avaient moins d'importance que la leucémie myéloïde et étaient peu dépendantes des doses reçues.

La mortalité par maladies autres que les cancers a toujours été faible et n'a jamais montré de signe de dépendance vis-à-vis des doses reçues. Ainsi, dans une série de rapports de mortalité, patronnés à l'origine par la Commission d'évaluation des dommages dus aux bombes atomiques (Atom Bomb Casualty Commission, ABCC) et maintenant sous la responsabilité de la Fondation pour la Recherche des Effets du Rayonnement (Radiation Effects Research Foundation, RERF), les affirmations suivantes furent répétées à maintes reprises :

1. pas d'implication des effets non cancérogènes du rayonnement sur les survivants après 5 ans, et par conséquent risque normal de mort par causes naturelles (y compris les cancers) pour tous les niveaux de dose, depuis octobre 1950 ;
2. implication plus précoce pour la leucémie que pour les tumeurs solides parce que la première a des temps de latence plus courts que les secondes ;
3. plus forte implication des leucémies myéloïdes que des autres néoplasmes parce que la moelle osseuse est exceptionnellement sensible à l'induction de cancers par le rayonnement.

De là découlait une conclusion générale : on peut s'attendre à être alerté assez rapidement de tout risque cancérogène dû au rayonnement pour les travailleurs de l'industrie nucléaire par l'accroissement de mortalité causé par une maladie normalement rare, la leucémie myéloïde.

On ne s'est jamais interrogé sérieusement sur cette interprétation des résultats de mortalité pour les survivants des bombes A bien qu'elle soit à la base de toutes les recommandations de la CIPR. Cette interprétation dépend cependant du fait que les maladies du sang autres que la leucémie peuvent être un artefact dû à des erreurs de diagnostic et, ce qui est encore plus important, elle repose sur une population de survivants qui furent impliqués dans les événements conduisant à une mortalité particulièrement importantes qui aurait laissé ainsi une population *fortement biaisée* (anormale) en faveur de personnes exceptionnellement résistantes mais ayant perdu en moins de 5 ans tous les signes de cet avantage et ne contenant aucune personne n'ayant récupéré que partiellement des blessures de l'explosion ou du rayonnement.

LES EFFETS PRÉCOCES DES BOMBARDEMENTS

Les morts à la suite des brûlures par le rayonnement et de l'effondrement aigu de la moelle osseuse furent très fréquentes parmi les personnes qui furent exposées à de fortes doses. Mais, même pour les doses faibles, il y eut un surplus de morts causées par la dévastation générale²².

En plus des raisons habituelles qui font que toutes les populations qui ont survécu à une période de forte mortalité aiguë sont *nécessairement* anormales et comportent une plus forte proportion de personnes ayant une santé exceptionnellement bonne (survivance des mieux adaptés ou « effet de sélection des survivants bien portants »), il y avait des processus autres ayant des effets directs sur la moelle osseuse, tissu qui dirige la production des globules rouges, ainsi que l'identification et la destruction des organismes étrangers.

Toutes les conséquences de l'effet de sélection des survivants bien portants étaient fortement corrélées aux niveaux de doses. Ainsi, la question qui a été laissée sans réponse pendant toutes ces années est : dans la courbe de mortalité en fonction du temps, pourquoi la période avant le recensement des survivants (1950) où la mortalité est passée d'un taux élevé à un taux plus faible, ne fut pas suivie d'une période où le taux de mortalité aurait été extrêmement faible pour ceux qui survécurent de justesse. Le fait que cette conséquence logique *attendue* n'a été observée que pour une seule cause de mort (les suicides ou les morts par automutilation), nécessite une explication. Il en est de même en ce qui concerne le fait que parmi les trois causes de mort qui ont toujours été dépendantes des doses reçues, la leucémie, les autres maladies du sang et les néoplasmes, l'une n'était pas un cancer (maladies du sang autres que la leucémie).

Bien que les morts antérieurement à 1950, parmi ceux qui ne furent pas tués sur le coup par les bombes, se comptent par milliers, il y eut beaucoup de personnes qui eurent des blessures ou des maladies ou blessures non fatales et qui survécurent avec ou sans séquelles évidentes. On aurait pu s'attendre à ce qu'il y ait une mortalité plus faible parmi les survivants ayant reçu des doses plus fortes et qui furent très exposés au danger pendant les bombardements que parmi ceux qui furent moins exposés. Ce phénomène ne fut pas observé et la cause la plus probable en est qu'il y eut pendant longtemps le prolongement d'un excès de mortalité lié aux séquelles en général et à une réparation incomplète des dommages subis par la moelle osseuse en particulier.

SURVIVANCE DES MIEUX ADAPTÉS ET SÉQUELLES

Suivant cette hypothèse, une certaine annulation des effets de survivance des mieux adaptés par les effets des séquelles est une conséquence inévitable de tous les désastres naturels ou artificiels. Dans le cas de Hiroshima et de Nagasaki, les dommages subis par la moelle osseuse s'ajoutèrent à des séquelles plus évidentes pour empêcher la pleine expression des effets mutagènes du rayonnement (aussi bien pour les cancers que pour les effets sur la seconde génération). La population étudiée des survivants se trouvait ainsi avec des taux de mortalité qui continuaient à refléter les influences à peu près égales de deux forces opposées, la *survivance* des mieux adaptés et les *séquelles*. Avec ces hypothèses, toute comparaison entre les sous-groupes à fortes doses et à faibles doses

exigerait des contrôles pour le premier effet, sinon on resterait certainement avec la *fausse* impression d'une absence d'effets à long terme des dommages génétiques pour les niveaux faibles de dose reçue. De plus, en supposant des influences égales des deux forces antagonistes, les possibilités suivantes purent facilement avoir été négligées :

1. absence *temporaire* d'un taux de mortalité dépendant des doses reçues pour les tumeurs solides qui peut être facilement due à des cas radiogéniques supplémentaires (dont les temps de latence ont été raccourcis par suite des dommages causés à la moelle osseuse) qui viennent compenser le déficit de cancers normaux (dû aux cas qui furent initiés avant août 1945 et qui furent « perdus » pendant la période de forte mortalité aiguë) ;

2. les cas précoces de leucémie myéloïde ont pu facilement être dus à des mutations dans la moelle osseuse ayant un potentiel cancérogène accru quand elles sont accompagnées d'un endommagement du système immunologique et qui prendra plus probablement la forme d'un cancer diffus ayant une courte période de latence (leucémie myéloïde) plutôt que celle d'un cancer localisé à longue période de latence (myélome).

DOMMAGES RÉSIDUELS DE LA MOELLE OSSEUSE

Toutes les cellules contrôlant les échanges respiratoires par l'hémoglobine (les globules rouges ou érythrocytes) et la plupart des cellules contrôlant le système immunitaire (globules blancs ou leucocytes) sont formées dans la moelle osseuse. Les cellules des tissus où sont formées les cellules de la circulation sanguine sont appelées les cellules-souches hématopoïétiques. Elles sont exceptionnellement sensibles à tous les effets du rayonnement (mort cellulaire aussi bien que mutations). Mais elles ont aussi des facultés très grandes de récupération et peuvent même produire plusieurs cellules nouvelles pour chaque cellule détruite. Ainsi il n'est pas évident que la mort cellulaire ou les effets stochastiques des fortes doses de rayonnement, ou bien causent une mort rapide par effondrement aigu de la moelle osseuse, ou bien sont suivis d'une récupération totale des cellules-souches contrôlant les cellules respiratoires et immunitaires.

Les perturbations mineures des fonctions de la moelle osseuse ne peuvent être reconnues individuellement chez les personnes d'une population. Mais chez les survivants des bombes A il pourrait y avoir des différences notables entre les groupes des faibles doses et ceux des fortes doses pourvu qu'on comprenne que toute perturbation des éléments des tissus respiratoires se traduira probablement par un surplus de mort par anémie et que toute perturbation des éléments du système immunologique se traduira probablement par un accroissement des infections à issue fatale.

ANÉMIES FATALES

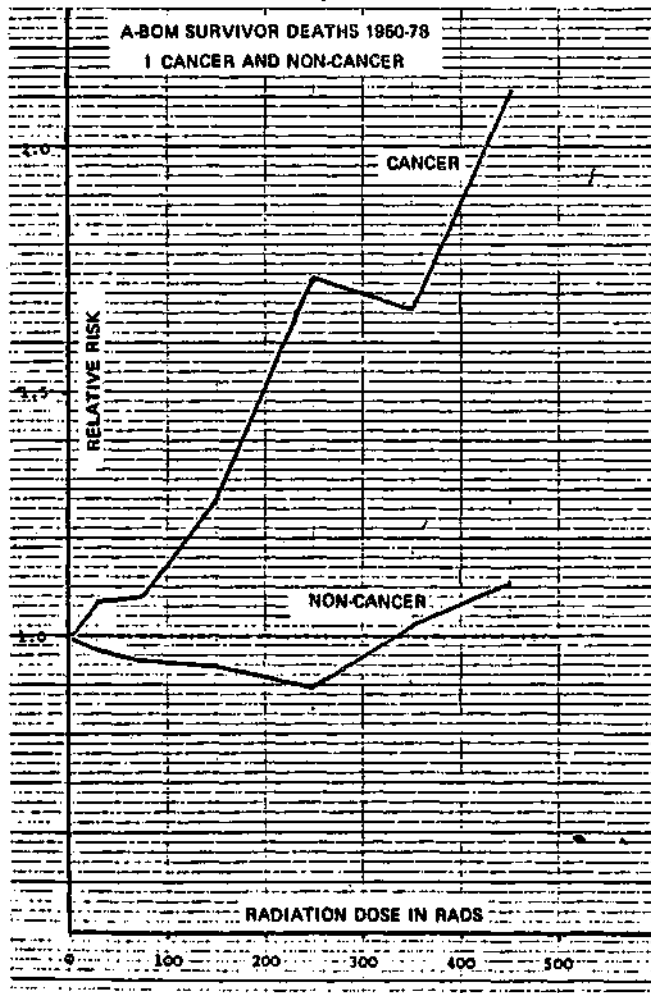
Nous avons déjà eu l'occasion de mentionner que les maladies du sang (avec l'anémie aplasique comme composante principale) étaient les seules en dehors des cancers à donner après 1950 des taux de mortalité dépendant des doses reçues. Ce résultat exceptionnel est supposé être dû à des erreurs de diagnostic qui ont fait inventorier des leucémies comme anémies aplasiques. Cependant, la

preuve à l'appui de cette hypothèse n'est pas très convaincante et montre en réalité que les « extra » morts par maladies du sang sont à présent plus fréquentes que les « extra » morts par leucémie. Par conséquent, il n'est pas possible d'être d'accord avec la conclusion d'un récent rapport qui affirme qu'une « association superficielle entre le rayonnement et la mortalité par les maladies du sang et des organes sanguino-formateurs, repose entièrement sur les effets carcinogènes du rayonnement, principalement l'effet leucémigénique ». Cette affirmation, comme tant de conclusions des rapports de l'ABCC, est significative de l'obsession que seuls sont possibles les effets des dommages génétiques du rayonnement des bombes A, à l'exclusion de toute autre phénomène, y compris l'effet le plus évident de la destruction de la moelle osseuse, l'anémie aplasique. Cet axiome est absolument nécessaire pour que l'étude de l'ABCC garde un sens car, si l'on reconnaît qu'il y a des effets à long terme autres que les effets génétiques, qui dépendent du rayonnement, on n'a plus le droit d'extrapoler sans précautions les estimations de risque cancérogène déduites des effets aux fortes doses pour déterminer le risque des faibles doses.

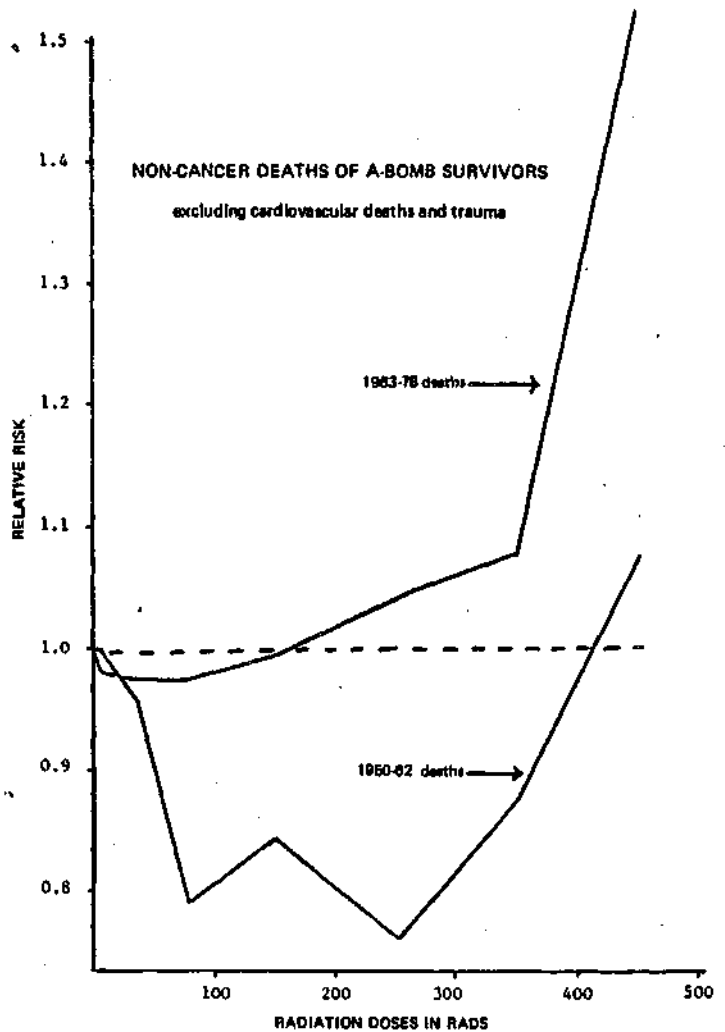
INFECTIONS FATALES

Les analystes des données de l'ABCC ont constamment abouti à la même conclusion : il n'y a pas d'effets retardés du rayonnement autres que les cancers. La raison de cette conclusion peut se voir clairement sur la figure 1 (que l'on peut tracer pour chacune des

(fig. 1)



(fig. 2)



7 périodes du suivi) : le taux de mortalité par cancers croît avec les doses reçues, ceci ne se voit pas sur la mortalité par non-cancer.

Dans le dernier rapport du RERF, il y a une liste séparée de toutes les morts des maladies non malignes (17 149 cas) et de toutes les maladies du système circulatoire (8 832 cas), pour les 8 niveaux de dose et les 7 périodes du suivi. Ainsi pour un groupe résiduel de 8 317 morts par maladies non malignes excluant celles du système circulatoire (elles incluent toutes les morts par infection), il est possible de trouver la courbe de réponse à la dose en traçant les rapports des morts observées/attendues pour chaque groupe de dose. On peut comparer ces résultats pour les morts de 1950 à 1962 (4 239 cas) et celles de 1963 à 1978 (4 078 cas) (figure 2).

Aucune des courbes de cette figure n'est compatible avec l'hypothèse qu'il n'y a pas d'effet du rayonnement. La courbe pour les morts de 1950 à 1962 est plus profondément indentée. La courbe pour les morts ultérieures se termine à un point beaucoup plus haut que l'origine.

Pour les deux courbes, il y a une composante quadratique très forte, preuve d'un effet de seuil avec la dose. On peut ainsi tirer les conclusions suivantes : 1) parmi les effets retardés du rayonnement des bombes A, il y a un accroissement de la sensibilité aux infections, preuve d'une perte permanente de l'efficacité immunologique, pour les survivants des fortes doses, 2) cet effet des fortes doses a toujours été occulté par l'effet des morts immédiates ou survivance sélective des personnes exceptionnellement résistantes pendant la période de dévastation générale, 3) l'effet des morts immédiates doit avoir

impliqué des personnes qui ne furent pas elles-mêmes directement atteintes lors de l'explosion, mais qui eurent à subir les conséquences sociales de la dévastation générale (effets indirects du bombardement), 4) en conséquence de la sélection initiale en faveur des personnes exceptionnellement en bonne santé, ce ne fut que 20 ans après le bombardement que le taux de mortalité par maladies infectieuses fut plus fort pour les survivants des fortes doses que pour ceux des faibles doses.

En résumé, toutes les estimations du risque pour les effets cancérogènes du rayonnement qui ont été approuvées par la CIPR et l'UNSCAR sont fondées sur la même hypothèse fautive : pas d'effet à long terme de dommages de la moelle osseuse. Elles ne sont donc pas correctes et la rectification de leur erreur conduit à un risque plus fort pour les faibles doses de rayonnement.

ESTIMATION DES EFFETS DU RAYONNEMENT

Si les résultats de mortalité chez les survivants des bombes A sont influencés à la fois par l'effet du « survivant en bonne santé » et par les dommages à la moelle osseuse, ni les comparaisons avec les statistiques nationales, ni les comparaisons par niveaux de dose reçue, ne donneront des normalisations correctes pour estimer l'effet du rayonnement. Ce qu'il faut, c'est trouver une cause de mort qui ne soit pas affectée par l'une ou l'autre des forces antagonistes et que l'on puisse comparer aux statistiques nationales. La première exigence, l'indépendance vis-à-vis des deux forces, élimine toutes les causes de mort exceptées les morts soudaines de personnes antérieurement bien portantes. La seconde exigence élimine les morts soudaines car elles ne sont pas inventoriées dans les statistiques nationales, mais laissent les morts par accident cérébrovasculaire comme alternative possible. A la différence des suicides, ces morts n'ont jamais montré un signe quelconque de corrélation négative avec les doses, mais pendant plusieurs années le taux pour les survivants de Hiroshima n'était que les deux tiers du taux national.

Ainsi, il est raisonnable de supposer que, par suite de la période de forte mortalité aiguë, le risque de mort par causes naturelles pour les survivants à 5 ans était au moins de 30 % inférieur à la moyenne (« facteur correctif » pour l'effet du survivant bien portant).

Ni les cancers ni les morts par blessures n'ont été inclus dans une récente analyse SMR (par les taux de mortalité normalisés) des données de l'ABCC. Nous ne pouvons seulement qu'estimer les morts radiogéniques supplémentaires pour la période allant de 5 à 27 ans après les bombardements (voir le 7ème rapport de mortalité avec les nombres de morts observés et attendus pour 82 244 membres de la population étudiée). Durant cette période (1950-1972), il y eut 18 526 morts toutes causes confondues et 3 744 morts par cancers. D'après les moyennes nationales, les valeurs attendues étaient respectivement de 20 182 et 3 283. Après correction pour l'effet du survivant bien portant, elles sont de 14 127 et 2 298. Sur cette base, 1 446 morts par cancers furent radioinduits, soit un excédent de 63 % par rapport au nombre attendu déduit, après correction des statistiques nationales. Pour les morts par non-cancers, les estimations correspondantes sont 2 953, soit un excédent de 25 % et pour toutes causes confondues 4 399, soit un excédent de 31 %. L'ensemble est résumé dans le tableau qui suit :

	Toutes causes de mort	cancers	non-cancers
observés	18 526	3 744	14 782
attendus d'après les statistiques nationales	20 182	3 283	16 899
attendus après correction de 30 %	14 127	2 298	11 829
excédent	4 399 31 %	1 446 63 %	2 953 25 %

Le 8ème rapport de mortalité (mortalité de 1950 à 1974) contient les estimations généralement acceptées pour les 285 000 survivants des bombes A qui étaient recensés en octobre 1950. Ces estimations portent sur la période 1950-1974 (c'est-à-dire de 5 à 29 ans après les irradiations), elles donnent 70 000 comme nombre probable de morts par causes naturelles et 415 comme nombre probable de morts radiogéniques (avec 192 et 223 respectivement pour les suppléments de leucémie et des autres cancers). En conséquence, même avec les suppositions invraisemblables 1) que les morts par accidents cérébrovasculaires étaient uniformément répartis parmi les survivants ayant ou non des séquelles résiduelles; 2) qu'il n'y avait plus de morts radiogéniques après 1972 et 3) qu'il n'y avait pas de morts radiogéniques en dehors de la population étudiée, les estimations qui tiennent compte de la survivance des mieux adaptés après la période de forte mortalité aiguë, sont plus de 10 fois plus fortes²¹ que celles généralement approuvées par la CIPR qui supposent que tous les effets de survivance des mieux adaptés avaient disparu en moins de 5 ans, et qu'il n'y avait aucun effet non cancérogène du rayonnement après les 5 premières années qui suivent les bombardements.

DISCUSSION

Suivant l'hypothèse des dommages de la moelle osseuse, le fait que la population étudiée des survivants des bombes A ait toujours eu des taux de mortalité générale relativement faibles, est une conséquence directe des taux de mortalité exceptionnellement élevés durant la période qui suit immédiatement les explosions. Pendant cette période de dévastation, le risque de mourir soit par causes naturelles soit par les effets particuliers des bombes A, fut exceptionnellement élevé pour tous ceux qui pour une raison ou une autre commencèrent par être dans un mauvais état de santé ou de nutrition. Par conséquent, parmi les personnes choisies pour faire partie de la population étudiée des survivants, il dut y avoir trop peu de ces personnes en mauvaise condition et trop de personnes ayant les qualités opposées. Cet effet des bombardements a souvent été admis mais ni la Commission d'évaluation des dommages des bombes atomiques (ABCC) ni la Fondation pour la recherche des effets du rayonnement (RERF) ne comprirent que, étant donné ce biais dans la répartition de la population étudiée, les résultats d'une analyse qui ne contrôle que le sexe, l'âge au moment de l'irradiation et la ville ne peuvent être acceptés comme base des normes de radioprotection pour des populations ordinaires (normales).

Même un examen superficiel des publications de l'ABCC nous montre que les conclusions « officielles »

sont inacceptables, non seulement pour des raisons de principe, mais aussi parce que les résultats sur les maladies du sang et les infections fatales ne sont pas convenablement expliqués, ce qui, par conséquent, exige de prendre en compte des effets retardés du rayonnement incluant les dommages aux tissus aussi bien que les mutations. De plus, puisque la cible principale de tous les effets du rayonnement (immédiats et à long terme) est la moelle osseuse, il doit y avoir eu, en plus des raisons habituelles de s'attendre à une confusion entre les effets de la mortalité initiale et ceux des séquelles résiduelles, des raisons spéciales encore plus importantes ayant un lien avec le contrôle de l'hématogénèse générale et du système immunologique par la moelle osseuse.

Ceci nous conduit à l'essentiel du problème : les analyses directes des taux de mortalité dépendant des doses, qui sont à la base des convictions admises pour les risques de rayonnement sur la santé, peuvent-elles être considérées comme solides dans les conditions spéciales qui ont indéniablement existé ? A la réflexion, il est facile de voir que ce n'est pas possible. Par exemple, l'idée qu'un accroissement de la fréquence des leucémies myéloïdes sera nécessairement le premier signe médical des effets des mutations radio-induites, ne laisse pas place pour la possibilité que, dans le cas des survivants des bombes A, les dommages causés à la moelle osseuse contribuent à la fois au développement rapide des cancers radio-induits après les explosions et à la mort prématurée des cancers induits avant les explosions. Ainsi, le fait que les taux de mortalité de 1950 à 1958, pour la plupart des formes de cancers, ne sont pas dépendant des doses, est important puisque c'est exactement ce qu'on attendrait si les cas supplémentaires de cancers radiogéniques compensaient les déficits causés par la mort prématurée des personnes atteintes de cancers non-radiogéniques. A l'appui de cette interprétation des données sur les survivants des bombes A, on peut mentionner les résultats trouvés dans l'étude des cancers chez les enfants. Ces résultats montrent que l'état défectueux du système immunologique est à la fois la cause et la conséquence de la seconde étape du développement des cancers (la « promotion » du cancer). Cet état défectueux a souvent été la cause de morts pendant la période de latence, attribuées à des infections respiratoires.

Dans l'étude sur les travailleurs de Hanford, le risque de mort par causes naturelles a été trouvé beaucoup plus faible pour les travailleurs que pour l'ensemble de la nation, plus faible aussi pour les travailleurs affectés à des postes de travail à haut risque que pour ceux affectés à des postes à risque moindre (« effet du travailleur bien portant »). Mais, alors que dans l'enquête sur les survivants japonais, l'« effet du survivant bien portant » avait des conséquences corrélées aux doses reçues, car cet effet était causé par le rayonnement lui-même, l'effet du travailleur bien portant dans l'étude américaine avait des conséquences similaires, mais seulement parce qu'il était difficile aux personnes qui n'étaient pas exceptionnellement bien portantes de travailler dans des situations à haut risque. Par conséquent, la détection des effets mutagènes du rayonnement fut beaucoup plus facile dans l'enquête sur les travailleurs que dans celle sur les survivants japonais. Aussi, dans la mesure où l'effet le plus caractéristique chez les travailleurs était le myélome (et non pas la leucémie myéloïde, il est probablement correct de supposer que la moelle osseuse est exceptionnellement sensible à l'induction de cancer par le rayonnement, mais il est incorrect de supposer que sans dommage de la moelle le cancer prendra encore la forme d'un cancer diffus avec une courte période de latence.

Jusqu'à maintenant, seule une petite partie des données relatives aux travailleurs de l'industrie nucléaire a été examinée pour mettre en évidence les effets du rayonnement et aucune donnée n'a été analysée pour la mise en évidence des effets sur la seconde et la troisième générations. Cependant il n'y a pas pénurie d'archives sur les doses reçues par les travailleurs sous rayonnement et là où ces archives sont le plus abondantes (aux États-Unis), il y a aussi une situation exceptionnellement favorable pour relier ces données à la fois aux certificats de décès des ex-travailleurs (à travers les demandes d'indemnités à la « Sécurité Sociale ») et aux archives médicales sur les déficiences mentales ou physiques constatées chez les descendants de ces travailleurs (à travers le même système de la « Sécurité Sociale »). Ainsi, en dépit de récents avis leur conseillant le contraire, les épidémiologistes devraient se dissuader de prendre des raccourcis apparemment évidents (c'est-à-dire de faire des observations aux fortes doses la base des estimations du risque pour les faibles doses de rayonnement). Ils devraient utiliser leur influence pour s'assurer qu'il soit fait un plein usage des données de l'AEC (Commission à l'Énergie Atomique) par des scientifiques qui n'ont aucune dépendance vis-à-vis du Département de l'Énergie.

En résumé : un examen des données qui ont été rendues publiques, relatives aux survivants des bombes A, conduit à la conclusion que, puisqu'elles étaient basées sur la mortalité des survivants après la 5ème année, l'estimation des effets du rayonnement aurait dû être contrôlée pour tenir compte des deux forces antagonistes, à savoir la survivance préférentielle des personnes exceptionnellement bien adaptées pendant la période de mortalité extrêmement élevée juste après les bombardements, et les séquelles résiduelles. Ces deux effets, indubitablement, dépendent des doses reçues. Les séquelles comprennent probablement les effets d'une réparation incomplète des dommages causés à la moelle osseuse. Ainsi, non seulement les différences entre les effets des faibles doses et ceux des fortes doses, ont été largement obliérées, mais il y a eu probablement une distorsion des effets cancérogènes.

L'existence des deux forces antagonistes est manifestement la raison pour laquelle le changement des forts taux de mortalité en 1945-1946 en faibles taux pour les années 50, ne s'est pas accompagné d'un passage d'une corrélation positive à une corrélation négative vis-à-vis des doses reçues. L'indépendance vis-à-vis des séquelles résiduelles est probablement la raison pour laquelle les morts soudaines de personnes antérieurement en bonne santé (les suicides servant d'exemple), firent exception à la règle. Finalement, l'affaiblissement des fonctions de la moelle osseuse explique probablement l'épidémie précoce de leucémie myéloïde, l'absence apparente d'autres cancers pendant ce temps et le taux de mortalité relativement élevé et dépendant des doses reçues pour les maladies du sang autres que la leucémie.

EFFETS DU RAYONNEMENT NATUREL SUR LA SANTÉ

Le niveau du rayonnement naturel augmente aux altitudes élevées et dans les régions où l'extraction des minerais d'uranium est une entreprise profitable (dans les États montagneux des États-Unis par exemple). Ainsi, on espérait que des comparaisons entre les États montagneux et ceux des bords de mer pourraient nous dire s'il y a des effets de santé associés à notre inévitable exposition

aux faibles doses de rayonnement. La mesure du risque dans cette enquête épidémiologique était la morbidité (et non pas la mortalité) par cancers et l'étude ne fournit guère plus qu'une confirmation supplémentaire de ce que l'on savait déjà : il y a toujours une meilleure déclaration des cancers chez les malades (ce qui est différent de la mort par cancers) dans les communautés urbaines que dans les communautés rurales.

Cette étude infructueuse fut suivie par deux enquêtes japonaises qui donnèrent des résultats positifs. Au Japon il y a la même variation des niveaux de rayonnement naturel qu'aux États-Unis, mais les densités de population sont indépendantes des altitudes. Il fut par conséquent possible de comparer les fréquences des cancers chez les enfants dans 8 régions ayant des niveaux de rayonnement naturel différents, ainsi que la mortalité par cancer après 40 ans. Dans l'enquête sur les enfants, il y avait environ 4 morts pour 10 000 rad x personne. Ce qui est comparable aux 572 par million de rad x personne de l'enquête sur les femmes enceintes radiographiées (voir plus haut). Dans celle des adultes, il y avait pour les hommes et les femmes pris séparément, un accroissement constant des cancers en allant du plus faible au plus fort de 4 niveaux de doses. Ainsi les taux (pour 10⁴) pour les niveaux de doses les plus bas (moins de 60 mrem par an) et pour le plus élevé (plus de 100 mrem par an) étaient respectivement de 753 et 868 pour les hommes et de 464 et 567 pour les femmes.

Finalement, d'après MSK III, le rayonnement naturel aurait une influence sur la mortalité par cancers. Les cas provenant de cette origine pourraient contribuer à 22 % des morts par cancers entre 40 et 50 ans et à 38 % des morts par cancers après 70 ans.

EFFETS DES ACCIDENTS DE RÉACTEURS SUR LA SANTÉ

L'hypothèse suivant laquelle l'extrapolation linéaire des observations à fortes doses exagère les risques de cancers aux faibles doses (hypothèse du seuil) est fondée sur la connaissance qu'il y a toujours quelque réparation des dommages chromosomiques après une irradiation, et sur l'hypothèse que cette réparation est nécessairement bénéfique. Cependant, tout au moins théoriquement, une réparation incomplète d'un dommage chromosomique pourrait accroître le risque cancérigène en augmentant la viabilité des cellules endommagées. A l'appui de cette hypothèse mentionnons la forme de la courbe de réponse à la dose pour les irradiations des travailleurs de Hanford et aussi les données relatives aux travailleurs de l'industrie des cadrans luminescents et celles concernant les différents niveaux de rayonnement naturel au Japon.

Une courbe de réponse obéissant à une loi en racine carrée a d'importantes implications pour le stockage des déchets radioactifs et pour les défauts de fonctionnement des réacteurs à l'échelle de l'accident de Windscale en 1957²⁴ et de Three Mile Island (TMI) en 1979. Le stockage des substances radioactives est affecté par une telle loi parce qu'il serait important que les sources diluées de radioactivité fussent traitées avec le même respect que les sources concentrées. Les défauts de fonctionnement des réacteurs en sont affectés parce qu'avec de tels accidents les personnes vivant au voisinage du réacteur sont aussi concernées que les travailleurs.

Il est vraisemblable que des travailleurs furent impliqués dans les accidents de Windscale et de TMI. Par conséquent il y a encore la possibilité de faire pour les tra-

vailleurs britanniques de Windscale ce qui a déjà été fait pour les travailleurs sur cadrans luminescents et pour les travailleurs américains de TMI ce qui a déjà été fait pour les travailleurs de Hanford. Chaque accident donne la possibilité d'inclure des travailleurs et d'autres personnes exposées dans un suivi équivalent à celui des survivants des bombes A et bien qu'il soit trop tard pour identifier les « survivants » britanniques, le potentiel de recherche sur l'accident de TMI est actuellement bien meilleur que celui sur les explosions des bombes A.

Nous savons déjà que pour deux périodes affectées par l'accident de TMI (c'est-à-dire le premier et le second trimestre de 1979), les taux de mortalité néonatale pour la population locale furent plus forts que les taux correspondants pour la Pennsylvanie. Nous savons de plus qu'il y a eu des différences similaires pour l'hypothyroïdisme des nouveaux nés. Par ailleurs, il n'y a pas de raison que la démarche entreprise en 1950 pour découvrir combien de personnes furent exposées aux rayonnements des bombes A en 1945, ne soit pas répétée pour les personnes ayant pu être exposées lors de l'accident de TMI. A cette fin, tout ce qui est nécessaire, c'est d'inclure dans le prochain recensement américain une question appropriée. L'identification d'une population exposée à un risque pourrait être suivie d'une identification des morts (par les demandes d'indemnités de décès à la « Sécurité Sociale ») et des anomalies congénitales chez les enfants de la génération suivante (par les demandes d'indemnités d'invalidité pour les personnes dépendant des assurés à la « Sécurité Sociale »).

CONCLUSIONS

Bien que nous ne sachions pas quand commença la vie sur cette planète, nous avons appris que même les formes les plus primitives de vie ne sont pas compatibles avec de forts niveaux de radioactivité. Par conséquent il est possible que la vie, et le développement de la biosphère à la surface de la terre durent attendre que l'intensité de la radioactivité à la surface du sol ait décliné jusqu'aux niveaux actuels. La découverte des rayons X, puis celle du radium, rendirent possible la surexposition individuelle des animaux ou des plantes, à des niveaux de rayonnement accrus, dans les pays à technologie avancée. Ce ne fut qu'après la découverte de la fission nucléaire qu'il y eut accroissement de certains niveaux de rayonnement ambiant. Ainsi, le problème actuel, héritage direct de la 2^{ème} guerre mondiale, est d'empêcher qu'un processus inverse du processus naturel puisse causer d'irréparables dommages aux forces de vie.

Sans l'énorme poussée donnée à la physique nucléaire par le projet Manhattan, les biologistes moléculaires auraient peut-être pu découvrir le secret de la photosynthèse des plantes avant que les physiciens nucléaires aient découvert le secret de la fission nucléaire et dans cette séquence d'événements, il pourrait y avoir eu un développement commercial de mécanismes biologiquement inoffensifs (et encore méconnus) à la place des développements actuels.

Nous avons encore, en étudiant la physiologie végétale, des moyens possibles de satisfaire toutes nos exigences énergétiques dans un futur pas trop lointain. Mais à moins que nous n'investissions plus d'argent et de talent dans les sciences biologiques que dans les sciences physiques, il est fort improbable que nous renversions la tendance actuelle vers de plus en plus de contamination de la biosphère par la radioactivité artificielle.

BIBLIOGRAPHIE

ICRP Publications 26, Radiation Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

Radiosensitivity and Spatial Distribution of Dose (1969), ICRP Publication 14, Pergamon Press.

Beebe, G.W., Kato, H. and Land, C.E. (1977), Mortality experience of atomic bomb survivors 1950-74. Life Span Study Report S. Washington D.C.: U.S. National Academy of Science, RERF TR 1-77.

The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (1972), Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation.

Radiation Effects on Prenatal Development (1977), in Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR.

Jablon, S. and Kato, H., (1970), Childhood Cancer in relation to prenatal exposure to A-bomb radiation, *Lancet*, II, 1000-1003.

Stewart, A. and Kneale, G.W. (1970), Radiation dose effects in relation to obstetric x-rays and Childhood Cancers, *Lancet*, I, 1185.

Mancuso, T., Sanders, B. and Brodsky, A., (1971), Proc. 6th Ann. Health Physics Soc. Topical Symposium, Vol. III, Study of the Lifetime Health and Mortality Experience of Employees of AEC Contractors.

Mancuso, T.F., Stewart, A.M. and Kneale, G.W., (1976), Radiation Exposures of Hanford Workers dying from various causes, 10th Midyear Topical Symposium of the Health Physics Society, Proc. of papers presented at Saratoga Spring, 204-230, Rensselaer Polytechnic Inst. Troy, NY. 12181.

Mancuso, T.F., Stewart, A.M. and Kneale, G.W., (1977), Hanford I: Radiation Exposures of Hanford Workers dying from Cancer and Other Causes, *Health Physics*, 33, 369-384.

Kneale, G.W., Mancuso, T.F. and Stewart, A.M., (1978), Re-analysis of Data relating to the Hanford Study of the Cancer Risks of Radiation Workers — Hanford IIA, in *Late Biological Effects of Ionizing Radiation*, 1, 387-410, IAEA.

Stewart, A.M., Kneale, G.W. and Mancuso, T.F., (1980), Hanford IIB: The Hanford Data — A Reply to Recent Criticisms, *Ambio*, 9, 66-73.

Reissland, J.A., (1978), An Assessment of the Mancuso Study, NRPB — R 79, National Radiological Protection Board, Harwell Didcot, Oxon, OX11 0RQ., England.

Marks, S. and Gilbert, E.S., (1978), Cancer Mortality in Hanford Workers, in *Late Biological Effects of Ionizing Radiation*, 1, 369-384, IAEA.

Hutchinson, G.B., MacMahon, B., Jablon, S. and Land, C.E., (1979), Review of Report by Mancuso Stewart & Kneale of Radiation Exposure of Hanford Workers, *Health Physics*, 37, 207-220.

The Comptroller General of the United States, Problems in Assessing the Cancer Risks of Low-Level Ionizing Radiation Exposure, General Accounting Office, P.O. Box 6015, Galtherburg MD, 20760.

Kneale, G.W., Mancuso, T.F. and Stewart, A.M., (in press 1981), A Cohort Study of the Cancer Risks from Radiation to Workers At Hanford (1944 to 1977 deaths) by the Method of Regression Models in Life-Tables, *Brit. J. Indus. Med.*

Baverstock, K.F., Papworth, D., and Bennari, J., (1981), Risks at Low Dose Rates, *Lancet* 21st Feb., 430-433.

Ujeno, Y., (1978), Carcinogenic Hazard from Natural Background Radiation in Japan, *J. Rad. Res.*, 19, 205-212.

Stewart, A.M., (in press), Delayed Effects of A-bomb Radiation — A Review of recent mortality rates and risk estimates for 5-year survivors, *Brit. J. Epidemiology and Community Health*.

Bertell, R., Understanding the Three Mile Island accident (Unpublished).

Mole, R.H., (1978), The Sensitivity of the Human Breast to

Cancer Induction by Ionizing Radiation, *Brit. J. Radiology* 51, 401-405.

Moriyama, I.M. and Kato, H., Mortality Experience of A-bomb Survivors, 1970-72, 1950-72, ABCC Life Span Study Report 7, RERF TR 15-73.

Sakka, M., Background Radiation and Childhood Cancer Mortality, University of Tohoku, University School of Medicine.

M.R.C., The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations, July 1956, Her Majesty's Stationery Office, London.

Court-Brown, W.M. and Doll, R., *Medical Research Council Report No. 295*, Leukaemia and Aplastic Anaemia in Patients Irradiated for Ankylosing Spondylitis, Her Majesty's Stationery Office, London.

N.C.R.P. Report No. 53, Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally-exposed Women.

Kneale, G.W. and Stewart, A.M., (1976), M-H Analysis of Oxford Data. 1. Independent Effects of Several Birth Factors Including Fetal Irradiation, *J. Nat. Cancer Inst.*, 56, 879-88.

Kneale, G.W. and Stewart, A.M., (1976), M-H Analysis of Oxford Data. 2. Independent Effects of Fetal Irradiation Subfactors, *J. Nat. Cancer Inst.*, 57, 1009-1014.

Kneale, G.W. and Stewart, A.M., (1978), Pre-Cancers and Liability to Other Diseases, *Brit. J. Cancer*, 37, 448-457.

Stewart, A.M., (1980), Childhood Cancers and the Immune System, *Cancer Immunol. and Immunother.*, 9, 11-14.

Evidence of the Town and County Planning Association to the public inquiry into an oxide reprocessing plant at Windscale, Planning and Plutonium (1978).

Okhita, (1975), Acute Radiation Effects, *J. Radiation Research*, Tokyo.

Stewart, A.M., Kneale G.W., Non cancer effects of exposure to A-bomb radiation, oct. 1983 (à paraître dans *J. of Epidemiology and Community Health*).

III — Notes explicatives du traducteur

1. L'effet primaire du rayonnement sur les cellules individuelles est un processus physico-chimique indépendant des individus, de l'âge, du sexe, etc. Par contre, les conséquences de cet effet primaire sur la santé et la vie des individus dépendent d'un grand nombre de paramètres. La tendance chez les responsables de la santé publique est à privilégier l'étude des phénomènes cellulaires au détriment des études de mortalité. Il est évident que par cette voie il sera impossible de déduire des normes ayant un sens pour la santé publique.

2. Zygote : œuf fécondé. Embryon : chez l'homme (ou plutôt chez la femme), l'embryon est le résultat de la fécondation pendant les trois premiers mois, au-delà de ce temps, c'est un fœtus.

3. La terminologie des maladies du sang est très compliquée. Parfois ces maladies se réfèrent aux tissus sanguiniformes eux-mêmes (moelle osseuse et ganglions lymphatiques entre autres), parfois elles se réfèrent aux fonctions de ces tissus (production de myélocytes, monocytes, plasmocytes, ...), parfois on se réfère aux conséquences du mauvais fonctionnement de ces tissus (anémies), parfois on se réfère aux tissus endommagés (aplasié médullaire).

Anémie aplasique : anémie causée par l'arrêt du fonctionnement de la moelle osseuse rouge. Ce type d'anémie résiste à tout traitement. Elle peut être confondue avec une anémie conséquence d'un cancer de la moelle osseuse.

Aplasia médullaire : les cellules formatrices des lignées (cellules) sanguines, ne fonctionnent plus (ce qui peut être la cause d'une anémie aplasique).

Leucémie : cancer des cellules de la moelle osseuse qui affecte principalement les globules blancs. En particulier :

— Si les globules blancs affectés sont les myélocytes, on a affaire à une leucémie myéloïde.

— Si ce sont les lymphocytes qui sont affectés, il s'agit d'une leucémie lymphatique ou lymphome.

Myélome : il s'agit ici de myélome multiple, cancer affectant principalement les plasmocytes. Les os deviennent fragiles.

Tous les cancers des tissus hématopoiétiques provoquent secondaire des anémies qui peuvent être confondues à tort avec des anémies aplasiques.

4. Effondrement aigu de la moelle osseuse : la moelle osseuse s'arrête temporairement de fonctionner. Ceci peut être provoqué non seulement par le rayonnement, mais aussi par certains poisons chimiques, il en résulte des hémorragies, des anémies, des infections. En cas de guérison, le système immunologique peut être affecté avec comme conséquence une sensibilité particulière aux infections et à l'anémie aplasique.

Les observateurs médicaux furent très surpris par ce qu'à l'époque on appela « la maladie de la bombe atomique ». Un observateur décrivait les survivants : « Les épargnés qui se trouvaient dans un rayon d'un kilomètre du point d'éclatement ont succombé les mois ou les jours suivants à la maladie de la bombe atomique. Une semaine de vomissements, une semaine de diarrhée avec chute des cheveux et une troisième semaine d'anémie intense, chiffre des globules rouges et des globules blancs tombé au dixième de la normale, réduction considérable des éléments de coagulabilité sanguine, avec hémorragies par tous les orifices du corps » (*Le Monde* du 22 août 1946), alors que dans bien des cas il n'y avait aucune trace apparente après l'explosion.

5. Dommages génétiques : il s'agit là des dommages causés par le rayonnement à des gènes d'une cellule quelconque. S'il s'agit d'une cellule de reproduction, il pourra se produire des malformations congénitales chez les descendants. S'il s'agit d'autres cellules, il pourra se produire des cancers.

6. C'est le cas des cancers radioinduits qui sont indiscernables des cancers « naturels ».

7. Une évaluation est dite « biaisée » quand une erreur systématique vient distordre la répartition des données. Par exemple, des erreurs de diagnostic sur les causes de mort peuvent ne pas être trop gênantes si elles sont faites au hasard. Elles ajouteront un certain « flou » aux résultats qui nuira à la précision. Par contre, si certaines maladies sont systématiquement ignorées (volontairement ou non), ce n'est pas la précision des résultats qui est affectée. Le « biais » ainsi introduit peut fausser les résultats jusqu'à les rendre totalement inexacts.

8. Autrement dit :

— si l'on s'intéresse aux cancers actuellement observés, on doit rechercher dans les archives les doses antérieure-

ment reçues ;

— si l'on désire connaître l'effet des doses reçues actuellement par un certain groupe de personnes, il est nécessaire de conserver toutes les observations médicales futures, jusqu'à la mort de tous les individus du groupe.

9. La Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) est un comité d'experts internationaux qui existe depuis 1928. Il se reproduit par cooptation. Ce comité rédige régulièrement des « recommandations » pour aider les législateurs à établir les normes légales nationales. La CIPR est en principe indépendante des institutions nationales. Mais la plupart de ses membres appartiennent à la hiérarchie de ces institutions. Ainsi le Dr Jammet qui représente la France est Directeur de la Protection à l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire du Commissariat à l'Énergie Atomique, organisme promoteur de l'énergie nucléaire en France.

10. Suivant l'hypothèse du seuil, il n'y aurait aucun effet tant que la dose reçue est inférieure à une valeur donnée (seuil). Elle s'oppose à l'hypothèse linéaire qui soutient que les effets sont proportionnels aux doses reçues, aussi petites soient-elles. Avec cette hypothèse, toute irradiation, même extrêmement faible, comporte un risque. C'est l'hypothèse linéaire qui est actuellement officiellement admise par la CIPR pour l'établissement des normes de radioprotection. Cependant, de nombreux concepts utilisés par la CIPR dans ses publications découlent logiquement de l'hypothèse du seuil.

11. BEIR (Biological Effect of Ionizing Radiation). Le Comité BEIR est un comité de l'Académie des Sciences des États-Unis, spécialisé dans les effets biologiques des rayonnements ionisants. Il est chargé de faire le point sur toutes les études entreprises sur ces effets. Les rapports issus de ce comité étaient jusqu'à présent pris comme référence par les experts internationaux officiels. Lors des dernières réunions du Comité BEIR, l'unanimité n'a pu être faite sur les estimations du risque cancérogène du rayonnement.

12. NCRP (National Commission on Radiation Protection and Measurements) ; cette commission nationale américaine fait autorité aux États-Unis en matière de radioprotection, bien que ses publications n'aient pas de valeur légale.

13. L'étude d'Oxford donne les résultats suivants :

— mortalité par cancer sans irradiation	
prénatale	8,4 10 ⁻⁴
— mortalité par cancer avec irradiation	
prénatale	1,3 10 ⁻³
— facteur de risque absolu pour l'irradiation	
prénatale	4,3 10 ⁻⁴
— facteur de risque relatif pour l'irradiation	
prénatale	1,53
(mortalité et facteur de risque sont rapportés à 1 irradiation)	

Ces chiffres sont valables pour les irradiations actuelles. Les valeurs trouvées au début de l'étude étaient plus élevées. Pour la période 1953-1955, le facteur de risque relatif était voisin de 2,0. Ceci peut s'expliquer par l'amélioration des appareils de rayons X utilisés.

Il faut mentionner que d'après l'étude d'Oxford, le facteur de risque d'une irradiation prénatale dans les trois premiers mois de la grossesse est 16 fois plus élevé que celui pour les irradiations prénatales ultérieures.

La comparaison des facteurs de risque pris en compte par la CIPR pour les irradiations postnatales moyennées sur tous les âges et ceux qui découlent de l'enquête d'Oxford pour l'irradiation des fœtus, peut se résumer dans le tableau suivant où les facteurs de risque sont donnés par rem :

	tous cancers	leucémies
CIPR	1,4 10 ⁻⁴	0,2 10 ⁻⁴
Oxford	5,7 10 ⁻⁴	2,8 10 ⁻⁴

14. Les faits rapportés dans l'analyse d'Oxford et les résultats numériques qui en découlent ne sont pas contestés. Il est admis par tous les experts que la mortalité par cancers chez les enfants est plus élevée pour ceux qui ont eu des irradiations prénatales. Mais la relation causale entre cet accroissement de cancers et le rayonnement X n'est pas officiellement admise, bien qu'aucune autre cause ne soit fournie pour expliquer cet accroissement.

15. Analyse par comparaison des doses moyennes (analyse CMD) : elle consiste à comparer pour les divers sous-groupes (par sexe, âge, ...) les doses moyennes reçues par les morts par cancers, avec celles reçues par les sous-groupes correspondants des morts par non-cancers. Il a été montré que cette méthode est plus sensible et demande, pour une précision donnée, une population moins nombreuse que la méthode classique qui consiste à comparer les taux de mortalité normalisés (« standard mortality ratio », ou analyse SMR).

16. Là encore, comme pour l'étude d'Oxford sur les enfants, les résultats numériques rapportés (excès de morts par cancers corrélé aux niveaux de doses reçues) ont finalement été acceptés par tous les experts. Mais les responsables officiels continuent à nier l'origine causale de cette corrélation sans l'expliquer d'une façon satisfaisante par des causes autres que le rayonnement. Madame Vignes du Comité de Radioprotection de l'EDF porte le problème à un niveau épistémologique dans la Revue Générale Nucléaire (1980, n° 2) : « Une corrélation positive entre deux facteurs ne signifie pas forcément qu'il existe entre eux un lien de causalité. » Elle n'affirme cependant pas qu'une absence de corrélation pourrait être preuve de causalité, ce qui faciliterait grandement la compréhension des critiques officielles.

17. Les données collectées pour l'étude des travailleurs de Hanford ont été confisquées par l'organisme qui finançait l'étude et elles ont été confiées à des chercheurs qui n'en ont rien fait. Toutes les données collectées n'avaient pas encore été analysées par Mancuso, Stewart et Kneale faute d'argent et de temps, en particulier les renseignements cliniques sur la morbidité chez les travailleurs, ainsi que les malformations congénitales chez leurs descendants. Il y aurait là suffisamment d'informations pour donner une assez bonne estimation. C'est pour le moment la seule source de données sur l'effet du rayonnement sur la 2ème génération et elle est volontairement enterrée avec le consensus général des médias.

18. Les analyses par les tables de mortalité exigent de n'utiliser que les statuts contemporains des individus. Mais les résultats issus de ces statuts ne reflètent pas du tout les risques encourus par les individus à la date de la table. La difficulté a été levée par la méthode utilisée par A. Stewart.

19. Les différentes formes de la courbe effet/dose ont des propriétés résumées dans le tableau suivant. Le facteur de risque à 1 rem a été normalisé au facteur de risque à 10 rem pris comme unité :

Dose		1 rem	10 rem
Facteur de risque	hypothèse en racine carrée	0,32	1
	hypothèse linéaire	0,10	1
	hypothèse quadratique (seuil)	0,01	1

20. La formulation du facteur de risque dans les publications de la CIPR est faite d'une façon très différente car elle ne donne qu'une valeur moyenne. Si le facteur de risque est fortement dépendant de l'âge, la formulation officielle est totalement erronée. En effet, ce facteur, d'après les concepts de base de la CIPR, est supposé pouvoir donner à chaque moment de la vie professionnelle d'un travailleur le risque encouru pour une dose donnée et non pas le risque moyen encouru pendant toute sa vie professionnelle (ce qui supposerait la définition d'une vie professionnelle type, et une répartition type des doses suivant l'âge des travailleurs). En conséquence, d'après les résultats sur les travailleurs de Hanford, non seulement le risque cancérigène du rayonnement serait fortement sousestimé, mais les concepts à la base des normes de radioprotection n'auraient guère de sens.

Le tableau suivant donne l'allure de la variation du facteur de risque en fonction de l'âge. Les facteurs de risque sont normalisés à celui pour 40 ans pris comme unité (d'après Alice Stewart : « A guide to MSK III risk estimates for radiation workers, jan. 1981) :

Age	facteur de risque	Age	facteur de risque
0	3,10	35	0,54
5	1,65	40	1,00
10	0,90	45	1,87
15	0,49	50	3,49
20	0,25	55	6,52
25	0,16	60	12,50
30	0,29	65	23,30

21. Le journal « Nucleonics Week » du 4 août 1983 mentionne une étude faite par British Nuclear Fuels Ltd sur les travailleurs de Sellafield (nouveau nom donné à Windscale, celui-ci étant probablement trop chargé d'angoissante émotion). On trouve que la mortalité par cancers est plus faible chez ces travailleurs que pour le reste de la population. Il en est de même pour la mortalité générale. L'effet du « travailleur bien portant » est parfaitement visible. De nombreux experts l'admettent et commencent à réclamer que les études en tiennent compte. C'est ainsi que l'étude de BNFL a été fortement critiquée. Cette étude a été publiée pour essayer de calmer l'inquiétude qui se développe en Cumbria, la région où se trouve situé Windscale (Sellafield) et pour laquelle le taux de myélome multiple est plus élevé que pour le reste de l'Angleterre. Certains ont avancé comme cause possible les rejets de l'usine de retraitement. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce problème.

22. Rappel de quelques données numériques concernant les populations d'Hiroshima et de Nagasaki :

Population initiale avant les bombardements	429 000
Nombre de morts dans les 24 heures qui suivirent les bombardements	67 000
Survivants après 24 heures	362 000
Morts entre 1945 et 1950 (premier jour exclu)	77 500
Morts attendus pendant la même période	18 100
Morts de 1951 à 1974	70 500

23. Officiellement on reconnaît 461 cancers radioinduits dans la population étudiée. Si l'on tient compte d'un effet de survivance des mieux adaptés, comme le fait Alice Stewart avec un facteur correctif de 30 %, on trouve un excès de cancers égal à 1 446. Les 2 953 morts par non-cancers, en excès, sont dues aux effets du rayonnement sur la moelle osseuse. Pour obtenir l'effet total

du rayonnement, il faut les ajouter aux morts par cancers radioinduits, soit au total 4 399 morts supplémentaires au lieu des 461 reconnues. Il y aurait alors un facteur 10 d'erreur sur l'estimation du risque de mortalité dû au rayonnement.

24. L'accident de Windscale : en 1957, le réacteur de Windscale fut accidenté. Le cœur du réacteur (un graphite-gaz) prit feu. Il en résulta un relâchement dans l'atmosphère d'une quantité importante d'iode radioactif (de 100 à 1 000 fois plus important que pour l'accident de TMI) qui se propagea sur une bonne partie de l'Europe. A l'époque, l'accident ne préoccupa guère les responsables européens de la santé publique. Ce n'est que tout récemment que certains chercheurs essayèrent d'évaluer les conséquences de cet accident. Il s'agissait là pourtant d'un accident assez grave pour que l'attention des experts ait dû être éveillée. Il est vrai qu'en 1957, les problèmes de sûreté nucléaire et les conséquences pour la santé publique n'étaient pas des préoccupations majeures pour les promoteurs de l'énergie nucléaire.

IV — Le système international de radioprotection est fondé sur des données fausses

Dans l'étude des survivants japonais, l'évaluation des morts par cancers qu'on pouvait attendre dans une telle population a été critiquée depuis assez longtemps. Le deuxième terme de la relation effet/dose, les doses reçues à Hiroshima, était resté dans l'ombre et personne n'y faisait allusion, ce qui pouvait laisser croire que les doses ne posaient pas problème.

Le 22 mai 1981, la revue scientifique américaine *Science* titre : « Les bases de 15 ans de recherches sur le rayonnement pourraient être fausses. La toxicité du rayonnement pourrait être sous-estimée. »

Deux physiciens (W.E. Loewe et E. Mendelsohn) d'un laboratoire américain de recherche sur les armes nucléaires venaient de recalculer le rayonnement émis pendant les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki. Leurs résultats mettaient en cause l'évaluation officielle du risque cancérigène du rayonnement.

« Que d'énergie, que de temps perdus par les uns et par les autres pour construire ces rapports biaisés, ensuite pour les démolir, finalement pour revenir à zéro. » Ce texte est extrait de l'intervention du professeur Latarjet, membre de l'Institut, à une réunion de la S.F.E.N. (Société Française pour l'Énergie Nucléaire) et de la S.F.R.P. (Société Française de Radioprotection) qui s'est tenue le 9 mars 1981, c'est-à-dire moins de trois semaines après la publication de *Science*. Ce professeur visait les études dont les résultats ne sont pas conformes aux normes officielles et qui sèment le trouble dans les consciences honnêtes. Les experts sont alors contraints à une gymnastique difficile de réfutation afin « d'éviter au spectateur honnête — comme il dit — les affres du débat. » Le fait que l'étude qui lui sert de référence dans ses réfutations ne soit pas correcte ne semble pas troubler ce professeur, même si les trublions, cette fois-ci, font partie de l'establishment nucléaire militaire.

A partir de 1947, le gouvernement américain a financé une enquête épidémiologique de grande envergure sur les survivants japonais. Paradoxalement, les catastrophes

nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki allaient servir à démontrer que les dangers du rayonnement dans le domaine des « faibles doses » n'étaient pas très élevés, ce qui devait permettre un développement bon marché de l'industrie nucléaire avec des normes de protection suffisamment souples et non contraignantes. Certains experts allèrent même jusqu'à démontrer l'effet bénéfique des faibles doses.

Les survivants japonais vont être suivis de 1950 jusqu'à leur mort. Cela donnera « l'effet ». Quant à la « dose », elle sera déterminée par des calculs simulant les explosions et la connaissance de l'endroit où chacun des survivants se trouvait au moment des bombardements. Des explosions expérimentales furent faites dans le Nevada pour tenter de vérifier certains résultats des calculs. Ce dossier est longtemps demeuré secret. Quant aux données biologiques, elles ne furent pas accessibles à des chercheurs autres que ceux officiellement affectés à l'étude, bien qu'aucune clause de secret militaire ne fut avancée. Seules les conclusions sur l'effet du rayonnement et quelques analyses partielles furent publiées. Quand le secret fut levé sur le calcul des doses reçues, certains chercheurs demandèrent des explications sur les hypothèses utilisées. Le responsable* se déclara incapable de fournir des précisions sur les hypothèses qu'il avait utilisées, car ses dossiers s'étaient égarés et furent détruits au cours d'un déménagement ! Rappelons qu'il s'agissait de secrets militaires servant de base à la protection sanitaire pour tous les habitants de la terre ! Étrange coïncidence, car on apprend maintenant par des bouches officielles que, depuis 1975, beaucoup de spécialistes avaient de sérieux doutes sur la validité de ces calculs. Il faut noter que ces experts qui doutaient se sont abstenus de participer à la polémique qui opposait les deux grandes études quantitatives, celle sur les survivants japonais

*John Auxier du Laboratoire National d'Oak Ridge.

et celle sur les travailleurs de Hanford. Le responsable de l'étude (et de la disparition des données) a récemment déclaré : « Nous savions à ce moment (en 1965) que la réponse que nous avions n'était pas assez bonne, mais nous avions une réponse et les crédits s'épuisèrent. » L'important pour cet expert n'était pas d'avoir une réponse correcte, mais simplement une réponse. Il n'indiqua pas que les crédits lui furent refusés pour trouver une réponse plus correcte. La réponse qu'il apportait à la radioprotection était satisfaisante à la fois pour les promoteurs de l'industrie nucléaire et les militaires fabricants de bombes.

Les chercheurs qui viennent de refaire les calculs sont bien embarrassés et considèrent cette étude comme un cadeau empoisonné. Peut-être ont-ils lu l'avertissement désabusé de Karl Morgan qui fut, pendant plusieurs années, le président de la Commission Internationale de Protection Radiologique :

« Notre destin en tant que physiciens médicaux d'une profession en croissance constante, a été l'un des plus intéressants et des plus excitants, mais il n'a pas toujours été facile, car il fut un temps où certains de mes collaborateurs furent rétrogradés ou perdirent leur travail parce qu'ils refusaient de céder aux pressions pour abaisser nos critères de sécurité, parce qu'ils refusaient des compromis qui conduisaient à accepter des conditions de travail insuffisamment sûres. »

La position de ces chercheurs est assez délicate. Hésitation à publier des résultats définitifs, déclarations contradictoires, affirmations curieuses du genre : nos résultats sont préliminaires, il ne faut pas en tirer de conclusions pour la radioprotection, mais de toute façon les conséquences biologiques seront inchangées (c'est quasiment une promesse faite aux officiels) et il ne sera pas nécessaire de modifier les normes de radioprotection. Or, même si leurs résultats sont préliminaires, on peut cependant tirer deux conclusions définitives :

1. Les calculs précédents étaient grossièrement faux.
2. Les normes actuelles de radioprotection n'ont plus aucun fondement scientifique.

Il faudrait d'ailleurs ajouter : *De nombreux experts officiels connaissaient la situation et ils n'ont rien dit.*

Des conférences en juin et septembre 1981 ont réuni des spécialistes. Cela devenait urgent, car le sujet risquait d'être explosif. Les journaux (américains) en parlaient, des bruits circulaient dans les couloirs des laboratoires spécialisés. Un vieil expert officiel, rompu à la discipline de la radioprotection, Seymour Jablon, a bien résumé la situation :

« Étant donné l'expérience unique (sic) à Hiroshima et Nagasaki et les dizaines de millions de dollars qui ont été dépensés pour essayer d'accumuler des résultats de biologie humaine, il est vraiment consternant de penser que nous sommes ici, trente-six ans plus tard, à débattre des ordres de grandeur des doses reçues. »

Et pour finir, il formule son souhait, que les recherches se terminent vite. Il n'ajoute pas que c'est son désir de vérité qui le pousse. Mais l'amertume de ses propos montre bien que ce genre de débats risque fort d'enlever beaucoup de crédibilité à ces experts qui depuis 1975 savaient (ou auraient dû savoir) que les données numériques sur lesquelles leurs discours s'appuyaient étaient fausses. Le même Jablon précise clairement le sens que doivent suivre les nouvelles recherches : « Je pense qu'il est absolument nécessaire, dans cette ténébreuse affaire, que tout système de dosimétrie qui en résultera finale-

ment soit raisonnablement en relation avec les influences biologiques que nous connaissons... »

Pour ce personnage important, le raisonnement est le suivant :

1. Le rayonnement est peu dangereux et les normes traduisent ce point démontré parfaitement par l'étude épidémiologique que nous, experts dûment reconnus, avons faite sur les survivants japonais.

2. Comme le rayonnement est peu dangereux et que les normes internationales sont parfaitement fondées (voir le paragraphe précédent), il n'est pas pensable qu'un calcul sur les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki puisse montrer le contraire.

Le raisonnement est d'une totale circularité : il faut s'appuyer sur les normes internationales pour évaluer les doses de rayonnement reçu par les survivants japonais, dont la connaissance est nécessaire pour estimer le risque cancérogène du rayonnement afin d'établir des normes scientifiquement fondées ! Ce personnage est probablement des plus importants, car ses raisonnements curieux ne semblent pas avoir soulevé d'objection de principe parmi l'auditoire.

Quand on lit les comptes rendus de ces réunions d'experts, il apparaît tout à fait évident que les responsables officiels de la pathologie du rayonnement, qui se disent les garants de notre protection, ont un postulat de base : le rayonnement n'est pas dangereux. Ce postulat est absolument nécessaire pour le développement de l'industrie nucléaire.

Le fond de la discussion sur le calcul des explosions est le suivant. Le modèle mathématique utilisé en 1965 pour simuler les explosions conduisait à différencier les effets produits par les deux bombes. Celle d'Hiroshima (à uranium enrichi) aurait donné plus de neutrons que celle de Nagasaki (au plutonium). Ceci amenait les experts à attribuer une bonne partie des cancers observés chez les survivants à l'effet des neutrons. Il restait peu de cancers pour le rayonnement gamma. L'industrie nucléaire naissante, grosse productrice de ce rayonnement, était satisfaite. Mais cette évaluation suscite toujours des polémiques, même parmi les experts officiels. Par exemple, au cours des réunions du Comité Spécialisé de l'Académie des Sciences des U.S.A. (dont les conclusions servent de référence à tous les officiels), le président soutenait la thèse que le danger des neutrons était surestimé et qu'en conséquence, le risque lié au rayonnement gamma était, lui, sous-estimé d'un facteur au moins égal à 2. A l'opposé, Rossi, un autre expert soutenait la thèse inverse et proposait d'augmenter les doses maximales admissibles pour les gammas. La majorité du comité préféra recommander le statu quo, compromis finalement acceptable par les militaires et les civils. Cependant, la polémique inquiéta certains laboratoires militaires qui se voyaient menacés d'un renforcement des normes de sécurité liées aux neutrons. Ceci les poussa à revoir les données de base, que par ailleurs ils savaient douteuses. Les nouveaux calculs montrèrent que le taux de neutrons avait été surestimé d'un facteur pouvant aller jusqu'à 10. Le résultat est immédiat : les cancers qu'on attribuait aux neutrons, il faudrait maintenant les affecter aux rayons gamma qui deviennent alors particulièrement dangereux. Pour éviter la déroute des comités d'experts et les conséquences qui en résulteraient pour l'industrie nucléaire, il était urgent de rendre l'affaire « ténébreuse » suivant l'expression de Jablon.

Signalons au passage qu'il n'y a plus maintenant

aucune donnée valable sur l'effet biologique des neutrons et on voit difficilement comment les experts internationaux pourraient justifier une évaluation quelconque du risque de ce rayonnement.

L'affaire s'est compliquée encore plus. Profitant du débat, certains spécialistes commencèrent à éplucher de près les hypothèses de ces évaluations et mirent en évidence ce que par euphémisme ils nomment négligences dans les calculs antérieurs. Toutes vont dans le même sens : surévaluer la dose affectée aux survivants, ce qui minimise l'effet cancérigène. On s'aperçoit alors qu'il faut recalculer correctement l'absorption du rayonnement par les tissus humains pour avoir la dose correcte reçue par les différents organes. D'autre part, l'effet d'écran des bâtiments au moment des explosions a été assez largement sous-estimé. En particulier, un physicien d'un laboratoire américain de Brookhaven remarqua que, pour Nagasaki, une fraction importante de la population fut fichée avec des doses beaucoup trop fortes. En effet, les travailleurs de l'aciérie Mitsubishi furent arbitrairement considérés comme étant à l'extérieur. Or, pour eux, l'effet d'écran protecteur des murs en béton et en acier de l'usine, ainsi que les grosses machines, fut très important. La difficulté de calculer l'effet ne justifie pas pour autant de le négliger. C'est pourtant ce qui a été fait.

Le minimum qu'on devait exiger des experts, c'était de reconnaître l'énorme difficulté de calculer les doses reçues par la population, de préciser les simplifications apportées par leurs hypothèses, d'évaluer honnêtement les marges d'erreur qui sont considérables. Or on s'aperçoit maintenant que toutes les hypothèses simplificatrices vont dans le sens d'une minimisation de l'effet biologique. Ceci est particulièrement inadmissible quand il s'agit de la protection de la santé.

Le président de la Commission spécialisée de l'Acadé-

mie des Sciences américaine, Edward Radford, a relancé la polémique que les officiels de la santé avaient réussi à éteindre. Il propose que les normes prennent en compte un risque deux fois plus élevé que celui reconnu auparavant, et cela en attendant des résultats plus précis. Ce facteur 2 est d'ailleurs totalement arbitraire. Il ajoute qu'on devrait envisager, dans l'estimation des risques, l'induction de tous les cancers, qu'ils soient mortels ou non. Cela donnerait une meilleure évaluation du dommage causé par le rayonnement. La logique des normes internationales de radioprotection impliquerait alors de réduire les doses maximales admissibles pour les travailleurs et la population par un facteur 2 ou 4. Les experts auraient évidemment toujours la possibilité de renoncer à leur critère d'acceptabilité et de le remplacer par un critère de nécessité pour l'industrie nucléaire, indépendamment des conséquences pour la santé.

Depuis près d'un an, les nouvelles sur cette « ténébreuse » affaire se font rares. Les experts officiels ont réussi à stopper la polémique publique, en attendant que de nouveaux calculs, aux hypothèses toujours aussi floues, soient publiés, justifiant le maintien du statu quo provenant d'un calcul reconnu faux.

Il n'y a plus actuellement aucun fondement correct au système de radioprotection, donc à l'évaluation des dangers de l'industrie nucléaire. L'étude épidémiologique sur les travailleurs de Hanford demeure la seule valable, la plus précise pour l'évaluation des risques cancérigènes du rayonnement. Il serait très important que cette étude soit élargie aux travailleurs des autres centres nucléaires (Oak Ridge et Los Alamos) pour qui l'administration américaine a les données nécessaires. Elles pourraient, si elles étaient dépouillées, doubler le nombre de personnes suivies, c'est-à-dire améliorer notablement la précision de l'évaluation du risque. Mais ceci ne semble pas être le souci majeur des responsables de la santé publique.

RADIATION NORMS AND CONSUMPTION PATTERNS

Adults and Caesium

- A. Milk: 0.5 litres/day at 370 Bq/litre = 185 Bq/day
= 67525 Bq/yr.
B. Potatoes, etc 0.5 kg/d at 600 Bq/kg = 300 Bq/day
= 109500 Bq/yr.
C. Fruits: 10 Bq/d = 3650 Bq/yr.
D. Meat: 19 Bq/d = 6935 Bq/yr.

Total: 187,610 Bq/yr.

Cs134:Cs137 x 1.2 = 60,000 Bq Cs134 + 120,000 Bq Cs 137/yr.
60,000 Bq Cs 134 x 0.0020 mrem/Bq = 120 mrem
120,000 Bq Cs137 x 0.0013 mrem/Bq = 156 mrem

Total: 276 mrem (2.76 mSv)

Children (age 1 yr.) and Caesium

- A. Milk: 0.75 l/d at 370 Bq/l = 277.5 Bq/d = 101,287 Bq/yr.
B. Potatoes: 150 gr/d at 600 Bq/kg = 90 Bq/d = 32,850 Bq/yr.
C. Vegetables: 100 gr/week at 600 Bq/kg = 3120 Bq/yr
D. Meat: 20 gr/d at 600 Bq/kg = 12 Bq/d = 4380 Bq/yr

Total: 141,637 Bq/yr.

Cs 134: 47,000 Bq/yr x 0.0022 = 385 mrem
Cs 137: 94,600 Bq/yr x 0.0069 = 648 mrem

Total: 1033 mrem (10.33 mSv)

*Consumption patterns based on estimates of the Dutch Environmental Ministry (15 Oct. 1986); Conversion factors from the Dutch Health Council (1986)

Source: Herman Danveld

WISE NC 263 21/11/1986

RADIATION & HEALTH

ICRP ADMITS NEED FOR DOSE RATE REDUCTIONS

(280.2421) WISE-Amsterdam

The International Commission on Radiological Protection (ICRP) has accepted in principle that there should indeed be a reduction in the permitted exposure to radiation of workers in the nuclear industry and the general public. This, according to Stewart Boyle of Friends of the Earth-UK (FOE-UK), was the result of the ICRP's September 8 meeting in Como, Italy. Boyle is coordinator of FOE-UK's campaign to convince ICRP members of the need for reductions. (See WISE NC 277.2367 and 278.) The ICRP is the international commission which advises governments and industry on the safe limits of radiation levels.

The chairman of the ICRP, Dr. Dan Beninson, expressed himself sympathetic to the call for a five-fold reduction in dose limits for workers. It appears clear from discussions with the chairman and other members of the committee that it is now a question of when rather than if the dose limits will be changed. However, says Boyle, the timescale is now increasingly important. This is because long delays in publishing the ICRP reports, which is a hallmark of the ICRP, will have serious implications for issues such as food contamination and exposure of people undergoing x-ray treatment. Thus, while the scientific argument has been won, a concerted effort is needed by

environmentalists and sympathetic scientists and doctors to ensure that the appropriate changes are introduced within the next two years, rather than in the late 1990's as favoured by the ICRP.

On September 1, prior to the ICRP meeting and as a part of its campaign, FOE-UK held a press conference in London to publicise its declaration to the ICRP calling for the immediate reduction of its current dose limit of 5rem for radiation workers as well as a reduction in recommended public dose limit to 200 microSv (20 mrem) per year. The declaration, which was signed by 150 scientists and doctors from around the world, has been sent to the commission.

Boyle took the press conference as an opportunity to criticise the 13 scientists who make up the ICRP, pointing out their close ties to the nuclear industry. At the same time, the group also used the press conference to announce the publication of its new book, *Radiation and Health*, which includes several papers directly relevant to FOE's campaign. Dr. Robin Russell-Jones, one of the book's co-authors, attended the conference to call for a review of the safety of low-level radiation. "This is not," said Russell-Jones, "an academic debate. The risk of radiation induced cancer is five times what the ICRP are prepared to admit." Many scientists would argue that even this assessment is too high (see following story).

Sources: FOE-UK; The Independent, 2 Sept. 1987; The Daily Telegraph, 2 Sept. 1987; Times, 2 Sept. 1987

Contact: Friends of the Earth-UK, 377 City Road, London EC1 VINA, UK

RADIOPROTECTION SYSTEM SHOULD BE REASSESSED

(280.2422) WISE-Amsterdam

In a previous WISE Communique, we published a letter from Bella Belbeoch, Secretary of the Groupement des Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucleaire (GSIEN), in which she stated she could not sign the FOE-UK Declaration to the ICRP because its aim was "quite below the level which should be achieved for the international protection of public and workers' health." She went on to argue that more time should be spent on working out a fundamental criticism of the principles of ICRP-26 and replacing them with a charter of principles concerning health protection of the public and workers. (See WISE NC 277.2367) Unfortunately, there was no time to organize a meeting to work on such a declaration before the September ICRP meeting in Como.

Since then, we received another letter from Belbeoch and Monique Sene, President of GSIEN. In it, Belbeoch stated that they had agreed to sign the FOE Declaration, but with some reservations. Included with her letter was a call for a

re-examination of the system of radioprotection which is a criticism of ICRP principles along the lines she earlier suggested. The text of that statement, a copy of which was also sent to the ICRP, is reprinted here.

Since 1977 when ICRP Recommendations were issued, severe accidents have occurred. First Three Mile Island, then the Chernobyl catastrophe, have shown that the frequency and magnitude of accidents are far more important than was previously thought by nuclear experts. This should lead the ICRP to thoroughly revise its radiological protection concepts.

Criteria

1--Radioprotection has to be strictly based on health considerations, with the aim of preserving progeny and mankind as a whole, independently from economic considerations which involve "necessary activities from which radiation exposure might result."

2--It is not in the competence of the ICRP to judge whether certain industrial activities are "necessary" to mankind. Having a major part of its members directly or indirectly related to these activities is in contradiction with its own ethical project.

3--We call for a protection system based on strictly annual and individual dose limits, prior to a collective radioprotection supposed to be optimized and in fact obtained by the averaging of doses:

First, as the frequency of accidents is higher than previously expected, it is not possible to accept, at any given moment, higher levels of exposure with the assumption that no accident will happen in the following years, since in fact we ignore the future.

Secondly, in case of a severe accident, the contamination can spread over very large territories. Some regions can be seriously affected, with hot spots, and consequently the individuals may experience high levels of risk. Therefore some groups will be more exposed than the average and a major collective protection will fail to ensure their radiological protection. These social groups would be sacrificed, which is unacceptable.

4--Up to now the ICRP has based the acceptability of the detrimental effects resulting from nuclear energy on the assumption that detrimental effects are balanced by the benefits shared by populations.

Post Chernobyl contamination has shown to be spread over larger regions than predicted by theoretical models, and high levels of contamination have been observed

thousands of kilometers from the source. A major accident could in fact contaminate populations which have never shared the benefits of nuclear energy.

Thus no collective protection criteria can be justified within the present ICRP concepts.

5--Concerning workers it is not possible to apply the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle, with the hope of reducing the occupational exposure after a cost/benefit analysis. This type of analysis is not appropriate, as the two terms of the analysis do not concern the same persons: in case of an improvement of the radiological protection, the cost is at the charge of the operating company while the benefits concern the workers (and the public). Under these conditions it is quite obvious that a cost/benefit analysis performed by the operating company corresponds to the minimal safety level compatible with the recommended dose limits. The only way to ensure a reduction of the exposure is to reduce the annual dose limits both for the workers and the public.

The Risk Factor

1--Numerous studies have shown that health hazards of low level ionizing radiation vary according to the individual, sex, state of health, age, etc...We call for a radioprotection based on the most sensitive individuals.

2--Up to now the ICRP has not taken into account the non-fatal cancers in estimating the detrimental effects of radiation. This is quite unacceptable since non-fatal cancer incidence is a severe aspect of the detriment.

3--The cancer risk factor, number of fatal cancer deaths induced by the unit dose of radiation, has been essentially based upon the study of the Japanese A-bomb survivors.

-This study has been subject to important criticisms for many years in respect to the question of the survivors population being used as a standard for "normal" population (not submitted to the bombing). The ICRP has never taken these criticisms into account. We appeal to the members of the ICRP to look carefully into these considerations.

-In the beginning of the eighties this survey appeared to be based on a totally wrong dosimetry estimation. It is an astonishing fact that the whole world radioprotection system has been based, up to now, on false



calculations.

4--The linear dose/response relationship was until now considered as very conservative at low doses. This, in fact, allowed national authorities to use threshold models for practical purposes. Recent studies of the A-bomb survivors with the revised dose system show that the linear dose/response relation is consistent with a straight line through the origin. Furthermore the risk at low doses is greater than at higher doses. New data show that the risk is strongly dependent on age and the cancer risk factor is much higher than the ICRP-26 estimate. As the cancer effects caused by the A-bombs have not yet fully shown up this would therefore conclude to an even higher risk factor.

5--It is imperative to take into account the epidemiological studies done on workers of the nuclear industry, where possible bias may be lesser than in the A-bomb survivors survey. In particular we ask that the ICRP should take into consideration the studies concerning the US Hanford workers. Some of these studies lead to a fatal cancer risk at least 10 times higher than ICRP-26 estimate, and claim that the linear dose/response relationship under-estimates the risk.

6--Recent studies have shown evidence of carcinogenic effects of natural background radiation for adults as well as for children. In particular almost all juvenile cancers could be caused by in utero exposure to natural background. This again would correspond to a risk factor higher than the ICRP estimate.

7--As for internal exposure, recent studies concerning Plutonium contamination have shown a great under-estimation of the risk leading to far too high recommended occupational intake limits. Post Chernobyl experience has revealed the lack of reliable information concerning the effects of radionuclide intake. For this reason it is necessary to be extremely conservative when limits for intakes of radionuclides are recommended. This is particularly important for young children and fetuses.

8--As far as genetic effects are concerned and considering the lack of knowledge in this field on human beings it is necessary to be even more conservative when estimating the effects which will affect the offspring.

Scientific Imperative

1--The credibility of scientific activity is based on the possible access to the data for any scientist wishing to check published results. Concerning the radioprotection system this implies that all the data on which the risk estimate is based should be rendered public. This is the reason why we are asking the ICRP members:

-To urge all governments to publish the data concerning their exposed workers.

-To demand that the data of the Radiation Effects Research Foundation (RERF) should be accessible to any independent researcher.

-To obtain from the US government the release of the data concerning the 298,000 workers of nuclear industry within the Department of Energy (DOE). This study could improve the statistic accuracy.

-To obtain from the USSR government the release of the data concerning the 135,000 persons evacuated from the Chernobyl area. This group already permits to obtain information about foetal and infant mortality, and birth defects which might have resulted from the Chernobyl accident.

2--In case of accident, for the evaluation of damage, the ICRP should recommend that Committees of experts be widely open to any scientist wishing to participate, instead of the current practice of secrecy. This of course applies to the ICRP meetings themselves.

Conclusion

We call for a re-examination of the radioprotection system, taking into account all the studies concerning the effects of low level radiation. The GSIEN supports all campaigns which aim for important and immediate reduction of recommended dose limits: for workers we ask for a reduction of a factor 10 from 5rem per year to .5rem or 5mSv; for the public we ask for a reduction of a factor 25 from 500 mrem to 20 mrem or 200 microSv per year.

Contact: Bella Belbeoch, GSIEN, 2 Rue Francois Villon, 91400 Orsay, France

Because of the REC quarrel over food contamination limits, Environmental Minister Klaus Toepfer, FRG, sees a possibility to introduce West German contamination limits that would be independent of the REC. The German Federal Government's demand to keep the contamination limits which were decided upon after the Chernobyl accident (370 Bq/l milk and 600 Bq/kg for other food, see WISE NC 276.2354) was not supported at the Meeting of the EEC foreign Ministers in Brussels. Their next meeting will be on October 19.
-dpa, 18 September, 1987

ANNEX 4

LES RADIACIONS IONITZANTS I LA CIÈNCIA:

- el procés instat per ciutadans americans contra la Metropolitan Edison i el problema de les baixes dosis de radiació
- l'ètica científica i el problema de les baixes dosis de radiació.

NOUVELLES EN VRAC

Après Three Mile Island Le procès intenté par les citoyens américains contre la Metropolitan Edison et le problème des faibles doses

Après l'accident de Three Mile Island (TMI) en avril 1979, des associations de citoyens ont intenté un procès à la compagnie exploitante, la Metropolitan Edison. A la demande des avocats des plaignants, Alice Stewart écrit en juin 1981 un «essay» d'une cinquantaine de pages sur «Les effets sur la santé de l'irradiation par les faibles doses». (C'est une partie de ce rapport que les lecteurs de la Gazette nucléaire n° 56/57 ont pu lire, réactualisé lors d'une interview d'A. Stewart).

Un règlement judiciaire à l'amiable est intervenu en 1983 : il a été créé un Fonds TMI de la Santé Publique («Three Mile Island Public Health Fund»). Son but n'est pas d'indemniser des personnes privées particulières mais de financer des études sur les sujets suivants :

- Surveillance et mesure du rayonnement
- Effets sur la santé dûs à l'accident de TMI
- Effets sur la santé des faibles doses de rayonnement
- Plans d'urgence
- Education du public.

Le Conseil Scientifique du Fonds est dirigé par le Dr Edward Radford, un des présidents du dernier Comité BEIR (Biological effects of ionizing radiation committee) de l'Académie des sciences des USA et par le Pr Karl Morgan qui a été Président de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

Le Fonds est supervisé par le Juge Sylvia Rambo de la cour de justice du Middle district de Pennsylvanie. Pour que la Cour accepte les études proposées il faut, d'après la Convention établie lors du jugement, que les deux parties soient d'accord.

Fin 1983, le Fonds décide d'allouer «3 millions de dollars à des études améliorant la connaissance des risques de cancer associés à l'exposition aux rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'évaluation de l'incidence des cancers et du nombre de cancers mortels induits par unité de dose de rayonnement.»

Dans une première phase, il s'agit d'identifier et de classer les populations dont les études seraient les plus appropriées pour améliorer la connaissance des facteurs de risque de cancer. Des experts-consultants déposent des projets chiffrés. Mais c'est finalement une conférence de travail réunissant 45 personnes - y compris le Juge Conseil et les avocats - qui s'ouvre en avril 1985 pour tenter de résoudre ce problème. La conférence est présidée par E. Radford et les risques sont limités au rayonnement de faible transfert linéique (rayonnement γ et β). Ce point de vue est critiqué par Najarian - auteur d'une étude sur les travailleurs des chantiers navals de Portsmouth. Il faudrait aussi considérer le rayonnement à haut LET (rayonnement α) car «à l'occasion d'accidents de réacteurs dans le futur, des populations pourraient être soumises à des irradiations de ce type»...

Les problèmes biomédicaux sont condensés en 7 points : l'incidence des cancers à localisation spécifique et la mortalité correspondante ; les états précancéreux et les modifications chromosomiques ; le système immunitaire ; les altérations de l'ADN et les mutations somatiques cellulaires ; les effets sur la croissance des individus ; les effets sur la reproduction : fécondité, sex ratio etc... ; la mortalité totale.

Une revue des différentes variables tente d'établir les critères nécessaires à la conduite «d'études épidémiologiques valables» (par exemple : définition de la cohorte, connaissance des doses, durée de l'exposition, fractionnement des doses, accès aux données, méthodes statistiques et leur puissance etc...).

Au cours des débats, le Dr Shy, sous-traitant de DOE (Department of Energy) pour les études épidémiologiques relatives aux travailleurs US du nucléaire civil et militaire dépendant du DOE, se plaint de ne pas avoir d'accès direct aux dossiers médicaux dans les différents Centres nucléaires. Il ne peut pas obtenir les numéros de sécurité sociale et n'a aucun moyen de valider ses données. Une motion est votée : la conférence encourage vivement le Conseil Scientifique à prendre toutes les mesures nécessaires pour que les données en possession du Département de l'Energie soient accessibles à tout chercheur pouvant les analyser avec compétence tout en respectant les procédures de confidentialité.

Parmi les différents projets défendus par les participants on relève les études sur :

- Les travailleurs de l'usine de Rocky Flats exposés au plutonium - USA (haut LET)
- La population des environs de Denver sous le vent des rejets de Rocky Flats
- Les soldats ayant participé aux tests de bombes des îles Christmas
- Les survivants d'Hiroshima et Nagasaki
- Extension au rayonnement naturel de l'étude dite d'Oxford sur le cancer des enfants (G.B.)
- Les risques professionnels des travailleurs de Windscale (G.B.)
- Les travailleurs US du nucléaire dépendant du Département de l'énergie (DOE)
- Tous les travailleurs des centrales nucléaires aux USA
- La population des Indiens navajo soumis aux stériles des mines d'uranium (USA)
- Les Mormons de l'Utah soumis aux retombées des tests de bombes (USA)
- Exposition des populations des USA aux retombées radioactives des tests de bombes
- La population soumise aux rejets de l'accident de TMI
- Irradiations médicales. Entre autres : les enfants avec cathétérisation cardiaque (irradiés dans les années 60), les enfants israéliens soignés pour la teigne, les enseignants soumis au dépistage antituberculeux, etc...

La conférence a donné lieu à des commentaires intéressants. Par exemple Carl Johnson (qui a observé une augmentation de la mortalité par cancer dans la région de

Denver) écrit que l'article de Radford et Hoffman préparé pour la conférence et intitulé «Une revue des effets carcinogènes des faibles doses de rayonnement» aurait dû s'intituler «Une revue de l'AGENCE FÉDÉRALE des effets etc...» «Ne sont cités que les rapports financés par les organismes officiels qui sont acceptés sans critique alors que ceux des chercheurs indépendants qui présentent d'autres points de vue sont dénigrés sans fondement.»

Quant à l'expert officiel Seymour Jablon (voir la Gazette Nucléaire n° 56/57 : Le système international de radioprotection est fondé sur des données fausses), il rejette tous les projets sauf ceux concernant l'étude sur TMI, les irradiations médicales et aussi l'influence du radon en Pennsylvanie dont il demande l'adjonction à la liste des projets.

Conformément à la Convention d'Accord issue du procès, le Conseil Scientifique du «Fonds TMI» doit choisir des projets correspondant aux «populations les plus valables» et doit obtenir l'agrément des représentants de la Compagnie propriétaire de la centrale de TMI.

En juin 1985 l'«Advisory Committee» du Fonds recommande à l'unanimité l'une des 4 études proposées par Alice Stewart : Étude de la cohorte de 298 000 travailleurs US du nucléaire dépendant du Département de l'Énergie (DOE) ; on connaît les postes de travail, la dosimétrie, la contamination interne ; les dossiers médicaux et administratifs existent. Outre les travailleurs de l'usine de Hanford la cohorte comprendrait Los Alamos, Rocky Flats, Mound, Savannah River, Oakridge.

Février 1986 : Partie de ping-pong car les représentants de la Compagnie refusent le projet. L'argumentation scientifique des avocats comprend entre autres que des études sont en cours ou déjà faites et qu'on ne voit pas pourquoi une autre équipe aurait accès aux données ; les méthodes statistiques utilisées par Mancuso, Stewart et Kneale ont été très critiquées ; d'autre part il n'existe pas de fichier central pour les travailleurs dépendant du DOE. En bref, désaccord sur tout la ligne.

Réponse de A. Stewart point par point. Sur le paragraphe concernant le transfert de données à d'autres chercheurs, elle indique que DOE a déjà utilisé cette méthode puisque ce fut le cas pour l'étude des travailleurs de Hanford par Mancuso *et al* où les données ont été transférées par DOE à 4 équipes différentes et à des consultants extérieurs.

La situation était bloquée. En mai 1986 un Conseiller scientifique indépendant est désigné pour servir d'arbitre. Il s'agit du biologiste Baruch S. Blumberg, Prix Nobel. (Institut de Recherche sur le cancer - Philadelphie). Après étude du projet déposé par A. Stewart, examen des correspondances des avocats des deux parties, consultation des conseillers scientifiques (entre autres les Drs Dryer, Radford, Gilbert, Woodfall, Jablon) et d'un biostatisticien (Dr Lustbader) il rend compte de sa décision. En suivant les instructions de la Convention d'Accord selon laquelle le Conseiller Scientifique indépendant doit décider si le projet soumis à son arbitrage est susceptible de fournir des informations scientifiquement valables servant les buts assignés par le Fonds, B.S. Blumberg conclut que c'est bien le cas du projet proposé. C'était en juin 1986.

Aux toutes dernières nouvelles la subvention viendrait d'être effectivement accordée au projet d'A. Stewart. Il reste à savoir si les données en possession du DOE concer-

nant 298 000 travailleurs du nucléaire vont être bientôt accessibles à son équipe. L'enjeu est de taille. Il est important de se souvenir après Tchernobyl que l'étude de Mancuso, Stewart et Kneale sur les travailleurs de Hanford conduit à un facteur de risque de mort par cancer radioinduit beaucoup plus élevé que celui de la CIPR 26 de 10 à 30 fois.

L'éthique scientifique et le problème des faibles doses

Les attaques auxquelles sont soumis les chercheurs indépendants vont du simple boycott au dénigrement systématique. C'est dans ce contexte qu'il faut replacer une petite phrase de Carl Johnson (études sur les cancers dans la région de Denver sous le vent de Rocky Flats) : «... ne sont cités dans les rapports officiels que les rapports FINANCÉS par les organismes officiels.» La réalité quotidienne est pire. Tous ceux dont les études vont dans le sens d'une réduction des normes sont considérés comme des «opposants». Ils sont systématiquement dénigrés et quasiment sur une «liste noire». Cela a commencé par une «rumeur» concernant E. Sternglass. Ses études sur les effets sur la santé des retombées dues aux tests de bombes étaient bien dérangeantes. On pouvait en déduire que des centrales nucléaires en fonctionnement normal (et encore plus en cas d'incidents et accidents) auraient des effets néfastes sur la santé, en particulier produiraient une augmentation de la mortalité foetale et de la mortalité infantile. Après l'accident de Three Mile Island il a indiqué qu'il y aurait une augmentation de la mortalité infantile et des effets sur la thyroïde des nouveaux-nés. Ce qui est curieux c'est que sa mauvaise presse a continué alors qu'une augmentation de la mortalité infantile a effectivement été observée dans les comtés ayant subi les retombées ainsi que des cas d'hypothyroïdie. Rappelons que cette affaire a coûté la place de Directeur de la Santé de Pennsylvanie au Dr MacLeod qui avait confirmé l'exactitude des données de mortalité indiquées par E. Sternglass et tant critiquées après TMI. Sa mauvaise presse a même fini par atteindre les milieux anti-nucléaires qui n'osent plus citer Sternglass ! Les attaques contre J.W. Gofman sont insidieuses ; pourtant il a été Directeur de la «Biomedical Research Division» de Livermore. Gageons que les attaques ne vont sûrement pas cesser après son estimation d'environ 1 million de cancers supplémentaires en Europe causés par Tchernobyl. Quant à T.F. Mancuso qui a collecté pendant plus de 10 ans toutes les données concernant les travailleurs de l'usine nucléaire de Hanford (USA) il a été privé de son poste après la publication dans «Health Physics» en 1977 des résultats de l'étude qui conduisaient à un risque de 10 fois supérieur à celui admis par la CIPR et ses données ont été confisquées. Rosalie Bertell a été victime d'un mystérieux accident de voiture aux USA et des coups de feu ont été tirés contre sa résidence. Cette statisticienne a participé à l'étude dite «des Trois Etats» (avec I. Bross) sur la relation entre cancer et irradiation médicale. Elle a focalisé son attention sur un point généralement négligé, la morbidité (et non la mortalité). Elle étudie les effets des rejets «normaux» des centrales sur la santé des enfants au voisinage des centrales et rassemble toutes les données

actuellement disponibles concernant les effets des rayonnements ionisants. Face à la censure mondiale des autorités officielles elle crée au Canada «The International Institute of Concern for Public Health».

Les critiques acerbes ou le silence n'épargnent ni Karl Morgan ancien président de la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) ex-Directeur de la revue «Health Physics», ni Alice Stewart connue mondialement pour ses travaux sur la relation entre les cancers des enfants et les examens radiologiques obstétricaux des femmes enceintes (étude dite d'Oxford). Elle est co-auteur de l'étude sur les travailleurs de Hanford avec Mancuso et le statisticien G. Kneale. (Elle a également critiqué l'établissement de normes internationales à partir des survivants japonais qui ne constituent pas une population «normale». L'étude serait fortement biaisée). L'établissement s'est rapidement aperçu que les critiques formulées contre l'étude de Hanford lui donnait de la publicité. Depuis c'est donc la tactique du silence : au mieux on ne cite que le 1er article de 1977, jamais les suivants, en particulier les réponses aux critiques, les analyses statistiques par une méthode de régression, l'étude incluant l'influence des postes de travail. Comme ils sont systématiquement ignorés par les officiels français nous donnons la liste complète des articles relatifs aux travailleurs de Hanford.

A. Stewart et son équipe étudient actuellement l'influence du rayonnement naturel sur les cancers des enfants qui serait responsable de plus de 60 % des cancers des enfants.

La somme de 1.4 millions de dollars qui vient d'être attribuée à A. Stewart par le «TMI Public Health Fund» pour étudier la cohorte des travailleurs nucléaires américains dépendant de DOE (Department of Energy) pour améliorer la connaissance du risque cancérigène lié aux faibles doses de rayonnement prouve au moins 2 choses :

- Le risque aux faibles doses n'est pas aussi bien établi que nos officiels voudraient nous le laisser croire.
- Les méthodes statistiques utilisées par G. Kneale ont été jugées suffisamment sérieuses pour qu'on lui confie cette étude.

Alice Stewart et Rosalie Bertell ont reçu en Décembre à Stockholm le Prix de «The Right Livelihood Award» en tant que notoriétés mondiales en ce qui concerne les dangers des faibles doses de rayonnement.

Ce prix a été surnommé «Alternative Nobel Prize». Elles le partageront avec Robert Jungk (ses livres entre autres «Plus clair que mille soleils», «L'État Atomique» etc...), Evaristo Nugkuag, principal représentant des Indiens d'Amazonie et par le LADAKH Ecological Development Group of India qui travaille sur des projets bon marché d'énergie solaire tout en préservant la culture traditionnelle du Haut Himalaya.

Cette récompense n'est pas attribuée pour des usages personnels mais pour permettre aux bénéficiaires de continuer leurs travaux dans l'intérêt de l'humanité, pour «une vie meilleure».

J.W. GOFMAN - Radiation and Human Health.
E. STERNGLASS - «Low Level Radiation» (1972) ; complété et réédité en 1981 sous le titre : «Secret Fallout. Low Level Radiation from Hiroshima to Three Mile Island». Mac Graw Hill Book Company.

II. BIBLIOGRAPHIE PARTICULIÈRE

J.W. GOFMAN - Assessing Chernobyl's Cancer Consequences : Application of Four «Laws» of Radiation Carcinogenesis. The American Chemical Society. ANAHEIM, California, USA (sept 9-1986).

R. BERTELL - X-Ray Exposure and Premature Aging. J. of Surgical Oncology, 1977. Handbook for Estimating Health Effects from Exposure to Ionizing Radiation. (Aug. 1984). Institute of Concern for Public Health. TORONTO, Ontario, Canada.

T.F. MANCUSO, A.M. STEWART, G.W. KNEALE - Hanford I : Radiation Exposures of Hanford Workers Dying from Cancer and Other Causes. Health Physics 33, 369 (1977).

G.W. KNEALE, T.F. MANCUSO, A.M. STEWART - Hanford IIA : Reanalysis of data relating to the Hanford study of the cancer risks of radiation workers. IAEA Symposium «Late Effects of Ionizing radiation», Vienna 1, 387-410 (1978).

G.W. KNEALE, A.M. STEWART, T.F. MANCUSO - Comments on «Review of report by Mancuso, Stewart and Kneale of radiation exposure of Hanford workers». Health Physics, 37, 251-252 (1979).

A.M. STEWART, G.W. KNEALE, T.F. MANCUSO - Hanford IIB : Hanford Data. A Reply to Recent Criticisms. Ambio 9, 66-73 (1980).

G.W. KNEALE, T.F. MANCUSO, A.M. STEWART - Hanford III : A Cohort Study of the Cancer Risks from Radiation to Workers at Hanford (1944-1977 deaths) by the Method of Regression Models in Life-Tables. British Journal of Industrial Medicine, 38, 156-166 (1981).

G.W. KNEALE, T.F. MANCUSO, A.M. STEWART - Hanford IV : Job Related Mortality Risks of Hanford Workers and their Relation to Cancer Effects of Measured Doses of External radiation. British Journal of Industrial Medicine, 41, 6-14 (1984).

I. LIVRES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

R. BERTELL - No immediate Danger : Prognosis for a Radioactive Earth (Canada ; Women's Educational Press ; en cours de traduction).

ANNEX 5

L'ACCIDENT DE TXERNÒBIL:

- algunes fórmules i comparacions simples per
avaluar els càncers a partir de la irradiació
a tot el cos, C.N.R.Inc., San Francisco

- altres articles del C.N.R.Inc.

The ACCIDENT AT CHERNOBYL:

Some Simple Comparisons and Formulas For Assessing Its Cancer-Consequences
From Whole-Body Irradiation (1)

By John W. Gofman, M.D., Ph.D. (2)

May, 1986

• -- Part A: How to Interpret Comparisons With "Normal" Doses

What does a report like "Extra doses were measured 500 times higher than normal" mean in terms of cancer-consequences? Such a statement has no meaning until you know "For how long?" Duration matters a great deal, as demonstrated below.

On the average, each person normally receives a whole-body absorbed dose of about 0.100 rad per year (3) of ionizing radiation from natural background sources, or 100 millirads. The exact dose varies with location, altitude, etc.

When the yearly dose-rate from background radiation = 0.100 rad (whole-body), then:

- -- Daily dose-rate = $(0.100 \text{ rad} / 365) = 0.00027 \text{ rad per day} = 0.27 \text{ millirad / day}$.
"Per" is always equivalent to a dividing line.
- -- Hourly dose-rate = $(0.27 \text{ mrad} / 24) = 0.011 \text{ millirad per hour (or 11 microrads/hr)}$.

Therefore, an extra dose "500 times higher than background" could mean the following:

- -- If enduring for 1 hour:
 $(0.011 \text{ millirad/hour}) \times (500) = 5.5 \text{ extra millirads (accumulated total) per person}$.
- -- If enduring for 1 day:
 $(0.27 \text{ millirad/day}) \times (500) = 135 \text{ millirads or } 0.135 \text{ extra rad (total) per person}$.
- -- If enduring for 1 week:
 $(7 \text{ days}) \times (0.27 \text{ mrad per day}) \times (500) =$
 $945 \text{ millirads or } 0.945 \text{ extra rad (accumulated) per person}$.

An extra dose means the normal dose has been subtracted or excluded.

These formulas are adaptable for any other comparison with "normal" such as "twice the normal dose-level" rather than 500 times.

-
- (1) Doses received by the whole body come mainly from gamma rays (high-energy X-rays) emitted from the radioactive cloud including its noble gases, emitted from inhaled radio-iodine some of which passes from the lungs into the blood stream, and emitted from radio-iodine and radio-cesium directly irradiating people from the ground (prior to any entry into the food-chain). This publication addresses whole-body doses. Obviously a dose absorbed by every organ of the body is much more serious than an equal dose absorbed by just the thyroid gland, just the lungs, just the bones, or by just a few of all the organs. This publication does not consider doses limited to particular organs, and it considers no doses received via milk, other food, or water. Cancers from such doses are additional.
 - (2) Professor Emeritus of Medical Physics, University of California at Berkeley;
founder of the BioMedical Research Division of the Lawrence Livermore Nat'l Laboratory;
author of Radiation and Human Health (or R&HH), 1981;
co-author of X-Rays: Health Effects of Common Exams, 1985.
 - (3) Dose units:
The rad represents the absorption of 100 ergs of energy per gram of body tissue.
The rem and the rad are interchangeable units for gamma, X-, and beta irradiation.
A millirad (mrad) is one thousandth of a rad, or 0.001 rad.
A Gray = 100 rads. A Sievert = 100 rems.
Gamma doses, if expressed in roentgens (R), milliroentgens (mR), microroentgens (μ R), are not absorbed doses. When measurements are provided in roentgens, a good approximation of the absorbed whole-body dose in rads or rems is about 0.6 times the roentgen measurement (Radiation and Human Health, page 165).

• -- Part B: How Big Is a "Cancer-Dose"?

A Whole-Body Cancer-Dose is the dose in whole-body person-rads (4) which causes 1 fatal case of radiation-induced cancer somewhere in the body. (For leukemia, there is a separate value called the Leukemia Dose.) The younger the person when irradiated, the lower is the Whole-Body Cancer-Dose, because the young are far more sensitive to radiation carcinogenesis than older people.

Examples of Cancer-Doses by Age (5)

Newborn infants:	65 whole-body person-rads
Children age 5:	75 whole-body person-rads
Children age 10:	95 whole-body person-rads
Adults age 20:	225 whole-body person-rads
Adults age 35:	365 whole-body person-rads
Adults age 45:	1,325 whole-body person-rads
Adults age 55:	20,000 whole-body person-rads

When a population with a natural mixture of all ages is irradiated, there is also a Whole-Body Cancer-Dose. The dose which produces 1 fatal case of radiation-induced cancer in an irradiated population of mixed ages is 268 whole-body person-rads (6).

268 whole-body person-rads per fatal cancer also means
1 fatal cancer per 268 whole-body person-rads.

Next page: How to Estimate Cancer-Consequences
from Chernobyl

- (4) Person-rad is the dose in rads times the number of people receiving it.
Example: 0.100 rad received by each of 200 million people means a dose of 20 million person-rads.
- (5) From Radiation and Human Health (or R&HH), John W. Gofman, M.D., Ph.D. Pages 285-88. San Francisco: Sierra Club Books, 1981 (also available from Random House Distrib. Ctr.).
- (6) From R&HH, page 294.
Some other sources present values other than 268 person-rads. UNSCEAR (United Nations, 1977) suggests the Cancer-Dose would be 38 times higher. The BEIR Committee (National Academy of Sciences, 1981) would make it 17 times higher. The NRC (Nuclear Regulatory Commission, 1986) would make it about 19 times higher. The NIH (National Institutes of Health, 1985, Radioepidemiological Tables) does not suggest any single Cancer-Dose, but for breast cancer --- which is the predominant form of cancer in non-smoking women --- the NIH value of dose-per-cancer is only 3-fold higher than Gofman's.

An Individual's Chance of Fatal Radiation-Induced Cancer From Whole-Body Irradiation:

	<u>Age 5</u> (WBCD = 75*)	<u>Age 10</u> (WBCD = 95)	<u>Age 20</u> (WBCD = 225)	<u>Age 35</u> (WBCD = 365)	<u>Age 45</u> (WBCD = 1,325)
From 0.001 rad (= 1 millirad)	1 in 75,000	1 in 95,000	1 in 225,000	1 in 365,000	1 in 1,325,000
From 0.010 rad (= 10 millirads)	10 in 75,000 = 1 in 7,500	10 in 95,000 = 1 in 9,500	10 in 225,000 = 1 in 22,500	10 in 365,000 = 1 in 36,500	10 in 1,325,000 = 1 in 132,500
From 0.100 rad (=100 millirads)	100 in 75,000 = 1 in 750	100 in 95,000 = 1 in 950	100 in 225,000 = 1 in 2,250	100 in 365,000 = 1 in 3,650	100 in 1,325,000 = 1 in 13,250

* WBCD = Whole-Body Cancer-Dose in whole-body rads.

With the method demonstrated in this tabulation (see also page 4), an individual's risk from any whole-body dose can be obtained, as well as the risk for people age 55 and older.

● -- Part C: How to Estimate Cancer-Consequences from Chernobyl:

A simple formula, which can answer many questions about Chernobyl's health effects, derives from the Whole-Body Cancer-Dose:

$$\underline{\text{Number of Fatal Cancers} = (\text{number of person-rads}) \times (1 \text{ fatal cancer per } 268 \text{ person-rads}).}$$

- -- Example: Suppose there were an area with 200 million people having the natural mixture of ages, and suppose that each person accumulated an average extra 100 millirads (total) of whole-body dose from Chernobyl. Steps:

$$\text{Person-rads} = (200,000,000 \text{ persons}) \times (0.100 \text{ rad}) = 20,000,000 \text{ person-rads.}$$

$$\begin{aligned} \text{Number of Fatal Radiation-Induced Cancers} \\ &= (20,000,000 \text{ person-rads}) \times (1 \text{ fatal cancer} / 268 \text{ person-rads}) \\ &= (20,000,000 / 268) \times (1 \text{ fatal cancer}) \\ &= 74,627. \end{aligned}$$

These 74,627 radiation-induced fatal cancers will appear during the remaining lifespans of the exposed people. The cancers will not all appear during the same year; they will spread themselves over 40 or more years.

● -- Comment: Excessive emphasis on doses to the thyroid gland may tend to obscure assessment of the whole-body doses, from which cancers far deadlier than thyroid cancer will result.

● -- Arrival of Dose-Data: At this time, we have little idea which numbers of people in the Soviet Union and Europe will be exposed to which whole-body doses from Chernobyl. When such data are released, anyone can use the formula underlined above to estimate cancer-consequences, whatever the dose (7). (First convert millirads to rads.)

Meanwhile, the formula has been used to prepare Table I (next page), which is an "if,then" table. The table shows cancer-consequences from Chernobyl if various numbers of people turn out to have been exposed to whole-body doses of various sizes. On the vertical axis of the grid is a number of exposed persons, and on the horizontal axis is an accumulated whole-body dose in millirads. The associated entries in the grid for numbers of resulting fatal cancers are purposely not "rounded off", in order to facilitate tracing their origin back to the formula (millirads need conversion to rads).

What is most worrisome is the number of children who may have been irradiated in the Soviet Union and Europe. Therefore Table II (next page) has also been prepared by modifying the formula to 1 fatal cancer per 75 person-rads (instead of 268 person-rads).

Radio-caesium deposited on the ground will continue to irradiate people directly for decades, exclusive of the food-chain. The lifetime whole-body dose-commitment from deposited radio-caesium will be calculable (8) whenever measurements of deposition are released.

(7) Cancer-risk from radiation is directly proportional to dose, right down to the lowest dose. Stated differently, the risk per rad of dose is constant through all levels of dose. The overall evidence from Hiroshima-Nagasaki (with a low-dose group of about 15 rads) and from in-utero exposure of the fetus by X-ray exams (from 0.250 rad to 1.5 rad) supports this important linear relationship (see R&HH, esp. pages 334-7, 380-8, 746). After R&HH (1981), linearity was confirmed again by up-dated evidence from Japan (Tokunaga, 1982, p924; and Wakabayashi, 1983, p130). In 1985, the Nat'l. Inst. of Health acknowledged that "the epidemiological data strongly favor linearity" for breast and thyroid cancers (NIH 85-2748, Radioepidemiological Tables, page 55; see also page 26).

(8) From Radiation and Human Health, pages 546-9. Page numbers differ in abridged paperback.

TABLE I. Number of Fatal Radiation-Induced Cancers Produced in a Population of Mixed Ages

Size of exposed population ↓	Accumulated Average Whole-Body Dose in Millirads ←→					
	10 mrad	50 mrad	100 mrad	500 mrad	1,000 mrad	5,000 mrad
1 million	* 37	187	373	1,866	3,731	18,657
5 million	187	933	1,866	9,328	18,657	93,284
10 million	373	1,866	3,731	18,657	37,313	186,567
25 million	933	4,664	9,328	46,642	93,284	466,418
50 million	1,866	9,328	18,657	93,284	186,567	932,836
100 million	3,731	18,657	37,313	186,567	373,134	1,865,672

* All entries in the grid are numbers of fatal radiation-induced cancers; values should be rounded off before use. Basis: a Whole-Body Cancer-Dose of 268 person-rads. See text.

Also, the rate of fatal radiation-induced cancer among an exposed population (1 cancer per "X" people exposed) can be found by dividing the Whole-Body Cancer-Dose in rads by the average accumulated dose in rads. Example: when the Whole-Body Cancer-Dose is 268 rads, and when the average accumulated whole-body dose is 50 millirads (0.050 rad), then fatal radiation-induced cancer will develop in 1 out of every (268 / 0.050) people so exposed, or 1 out of every 5,360 people so exposed.

TABLE II. Number of Fatal Radiation-Induced Cancers Produced in a Population of Children at Average Age of 5 Years (Newborn to 10 Years)

Size of exposed population ↓	Accumulated Average Whole-Body Dose in Millirads ←→					
	10 mrad	50 mrad	100 mrad	500 mrad	1,000 mrad	5,000 mrad
1 million	* 133	667	1,333	6,667	13,333	66,667
5 million	667	3,333	6,667	33,333	66,667	333,333
10 million	1,333	6,667	13,333	66,667	133,333	666,667
25 million	3,333	16,667	33,333	166,667	333,333	1,666,667
50 million	6,667	33,333	66,667	333,333	666,667	3,333,333
100 million	13,333	66,667	133,333	666,667	1,333,333	6,666,667

* All entries in the grid are numbers of fatal radiation-induced cancers; values should be rounded off before use. Basis: a Whole-Body Cancer-Dose of 75 person-rads. See text.

Also the rate of fatal radiation-induced cancer among an exposed population (1 cancer per "X" people exposed) can be found by dividing the Whole-Body Cancer-Dose in rads by the average accumulated dose in rads. Example: when the Whole-Body Cancer-Dose is 75 rads (as it is for children), and when the average accumulated whole-body dose is 50 millirads (0.050 rad), then fatal radiation-induced cancer will develop in 1 out of (75 / 0.050) children so exposed, or 1 out of every 1,500 children so exposed.

by HAROLD EVANS
 Editorial Director of *U.S. News & World Report*

'LET'S FACE IT, WE GOOFED'

Nobody can escape Chernobyl. Even as Mikhail Gorbachev made his lamentably late public statement 18 days after the disaster, his radioactive rain was falling on the United States. Low levels of the dangerous iodine 131 were turning up in milk in Western states.

The findings were accompanied, as usual, by official statements that there is nothing to worry about. But there is. There may be no cause for immediate alarm, but there is durable cause for skepticism because the history of radiation is a history of assurances falsified by time. Chernobyl will yield some benefit if it forces everyone to confront that issue squarely and, of course, soberly. Gorbachev was disingenuous when he denied that the Soviets had delayed warning their neighbors, but unhappily he was able to find refuge in criticism of sensationalism in the Western media. Headlines such as the *New York Post's* "15,000 Buried in Mass Grave" are not merely wild; they divert attention from the more insidious issue of the effects of radiation over long periods.

The mortal words on the subject of the risks from fallout were uttered not by Gorbachev but by Dr. Bill Burr, deputy director at the Energy Research and Development Administration's division of biomedical and environmental research in June, 1977: "Let's face it, the U.S. goofed." Dr. Burr was commenting on the prevalence of thyroid cancer in natives of the Marshall Islands 23 years after the U.S. bomb tests. The theory when we set off the bombs was that islanders received only low-level radiation so that a detailed follow-up was not necessary.

It was wrong. That was not an aberration. From Hiroshima on, most of the statements on radiation, mainly by physicists on corporate and government grants, have been proven blindly optimistic. We were told no one was at risk from small doses of radiation below a certain safety "threshold." In 1980, an expert panel of the National Academy of Sciences confirmed what the biologists had long been saying: There is no such threshold. Every increment of radiation increases the risk of a cancer or of genetic damage for succeeding generations.

Clearly, some risks have to be taken for the

benefit of medical diagnosis, but the concept of the threshold was less concerned with X-rays than with calming public anxiety about involuntary radiation from weapons fallout and nuclear power and resisting compensation claims from Army veterans, power-plant workers and the citizen victims living downwind of the Nevada test site. And despite the effective rebuttal of the threshold, we are even now fed pabulum about "acceptable" levels of radiation. Acceptable to whom?

The answer is that they are acceptable to successive bureaucracies in all the nuclear powers that have fought hard to keep the truth from the people. The Department of Energy cut off a long-

term research contract with Dr. Thomas Mancuso of the University of Pittsburgh when in 1975 he started coming up with findings linking cancer deaths at the government's Hanford, Wash., plant with exposure to low-level radiation. Dr. Robert Pennington of the University of Utah was cut off when he began to finger high radiation from underground testing in 1974. Crucial medical records were destroyed at Oak Ridge, Tenn. And only last month, the Department of



Energy tried to conceal yet another release of radiation from the Nevada test site.

That this nuclear testing is obnoxious and unnecessary, as I believe, is a proposition that some would debate. But who can defend the absurdity that most of the money for radiation-health-effects research comes from the Department of Energy, which has a vested interest in nuclear power and weapons testing? And why should military nuclear stations escape the scrutiny of the already limp Nuclear Regulatory Commission?

Einstein warned that we had unleashed a malevolent genie. Would that it could be speedily bottled up again. By the end of this century, all the peoples of the world may be exposed to twice the level of radiation from natural sources. Between 1971 and 1984, there were 151 significant nuclear-safety incidents in 14 countries. We cannot afford any more accidents. We ought not to tolerate the specious glosses on our predicament. They are nothing less than a betrayal of mankind. ■

Frequency of Fatal and Nonfatal Thyroid Cancers from Children's Consumption of Milk and Water Contaminated by Iodine-131

Basis: Cow ingests I-131 from about 45 square meters per day. Therefore, deposition per square meter gets multiplied by 45. Cow transfers 1/100 to each liter of milk (1 liter = 1.06 quart). Therefore the ingestion gets divided by 100. **Result:** The concentration per liter is 45/100 of deposition per square meter, or about half.

For each 100 picocuries (pCi) of radio-iodine consumed, about 25 pCi are deposited in the healthy child's thyroid gland (Radiation and Human Health, John Gofman, p.644). The child's thyroid weighs about 2.5 grams. The average energy of the emitted beta radiation is 0.189 mev (gamma rays from iodine in the thyroid deliver their dose mostly beyond the thyroid). The residence of the iodine is 10 days or less. Therefore, a child's thyroid-dose per picocurie of Iodine-131 deposited in the thyroid is 0.04 millirad (mrad), according to the formula in R&HH, page 419.

The dose causing 1 case of fatal thyroid cancer is 27,000,000 thyroid-millirads for children. (Basis: A childhood whole-body cancer-dose of 75 rads, divided by the fraction 0.00279, from R&HH, pages 344 and 346.)

For each fatal case, there will be an additional 8 nonfatal cases of thyroid cancer (R&HH, p.361).

Consumption of milk or water	100 picocuries per liter	500 picocuries per liter	1,000 picocuries per liter	5,000 picocuries per liter
One liter (1.06 quart per liter)	thy.dose = 1 millirad fatal thy. cancers = 1 in 27,000,000 who drink nonfatal thy. cancers = 8 in 27,000,000 = 1 in every 3,375,000	thy.dose = 5 millirads fatal thy. cancers = 5 in 27,000,000 who drink = 1 in 5,400,000 nonfatal thy. cancers = 40 in 27,000,000 = 1 in every 675,000	thy.dose = 10 millirads fatal thy. cancers = 10 in 27,000,000 who drink = 1 in 2,700,000 nonfatal thy. cancers = 80 in 27,000,000 = 1 in every 337,500	thy. dose = 50 millirads fatal thyroid cancers = 50 in 27,000,000 who drink = 1 in 540,000 nonfatal thy. cancers = 400 in 27,000,000 = 1 in every 67,500
7 liters, or 1 each day for 1 week	thy.dose = 7 millirads fatal thy. cancers = 7 in 27,000,000 = 1 in 3,857,000 nonfatal thy. cancers = 56 in 27,000,000 = 1 in every 482,000	thy.dose = 35 millirads fatal thy. cancers = 35 in 27,000,000 = 1 in 771,000 nonfatal thy. cancers = 280 in 27,000,000 = 1 in every 96,428	thy.dose = 70 millirads fatal thy. cancers = 70 in 27,000,000 = 1 in 385,700 nonfatal thy. cancers = 560 in 27,000,000 = 1 in every 48,200	thy. dose = 350 millirads fatal thyroid cancers = 350 in 27,000,000 = 1 in 77,150 nonfatal thyroid cancers = 2,800 in 27,000,000 = 1 in every 9,643
30 liters, or 1 each day for month	thy.dose = 30 mrad fatal thy. cancers = 30 in 27,000,000 = 1 in 900,000 non-fatal thy. cancers = 240 in 27,000,000 = 1 in every 112,500	thy.dose = 150 mrad fatal thy. cancers = 150 in 27,000,000 = 1 in 180,000 nonfatal thy. cancers = 1,200 in 27,000,000 = 1 in every 22,500	thy.dose = 300 mrad fatal thy. cancers = 300 in 27,000,000 = 1 in 90,000 nonfatal thy. cancers = 2,400 in 27,000,000 = 1 in every 11,250	thy. dose = 1,500 millirads fatal thyroid cancers = 1,500 in 27,000,000 = 1 in 18,000 nonfatal thyroid cancers = 12,000 in 27,000,000 = 1 in every 2,250



'If we listened to warnings from every environmentalist dingbat, we'd never get anything built'

Oliphant, © 1977

From the book *An Irreverent, Illustrated View Of Nuclear Power*, 1979 by Gofman

1 million Chernobyl victims predicted

ANAHEIM, Calif. (Reuters) — About 1 million people throughout the world could develop cancer due to exposure to radioactive fallout from the Chernobyl nuclear accident and half that number would die from it, a scientist predicted Tuesday.

Dr. John Gofman, a professor emeritus of medical physics at the University of California at Berkeley, said previous estimates of the fallout's effect were based on false assumptions about radiation and cancer risks.

"In the population inside and outside the Soviet Union, the total number of malignancies will be somewhat over a million, of which half of them will be fatalities," Gofman said at a news conference before delivering results of his study to the annual meeting of the American Chemical Society in Anaheim.

HE ESTIMATED THAT 424,300 people in the Soviet Union and 526,700 in Europe and elsewhere would develop

cancer over a 70-year period as a result of being exposed to radioactive cesium from the nuclear power-plant accident last April 26.

He said another 19,500 would develop cesium-caused leukemia and an unknown number would develop thyroid and other cancers from additional radioactive substances in the fallout.

Gofman's figures were more than five times greater than the highest previous estimates of possible deaths resulting from the Chernobyl disaster.

Western scientists have predicted anywhere from 2,000 to 75,000 premature deaths resulting from the accident, which so far has killed 31 people and forced evacuation of 135,000 people in the Ukraine.

GOFMAN SAID THE effects of low-level exposure to cesium radiation were discounted by scientists who based their assumptions on inaccurate

data.

He said estimates presented at a meeting of the International Atomic Energy Agency late last month included only cancer cases within the Soviet Union and were based on risk factors that were far too low.

Gofman said the findings "said nothing about the fact that outside the Soviet Union there would be at least as large a number of cancers as inside the Soviet Union."

Gofman, who conceded that his estimates would be discounted by many scientists as highly exaggerated, said he did not question the amount of radiation dosages reported by Soviet officials at the forum but sharply disagreed with the amount of cancer risk estimated by the IAEA.

HE SAID THE U.N. agency, whose final report said there would be 2,000 additional deaths among 70 million

people in the Soviet Union, was an atomic industry group that could be expected to minimize the risks of radiation exposure.

"The U.N. report is more than 25 times too low, based on risk per unit dose (of radiation)," he said. "Everyone at Vienna was using incorrect figures on dose to risk."

Gofman worked during World War II on the Manhattan Project, which developed the atomic bomb, and has written some 150 scientific papers and two books with an emphasis on the effect of low-level radiation on human health.

Gofman said there is no safe threshold for radiation. "Though it is accurate that the smaller the radiation dose the smaller the cancer risk, there is no dose so small that the body can perfectly repair all resulting damage to DNA and the chromosomes," he said.

Wed., September 10, 1986

* "Could" is Reuters' error; Dr. Gofman said "will". The Associated Press and United Press International wire services also carried the story. The country-by-country distribution of the malignancies is tabulated inside.

Dr. Gofman's 57-page paper is available from the Committee at a cost of \$4.00 including shipping.

• Sections in Dr. Gofman's A.C.S. paper include (1) laws of human carcinogenesis by ionizing radiation, (2) inspection of a threshold dose for carcinogenesis, (3) reconciliation of

disparate risk-estimates, (4) Chernobyl: sources of fallout data, (5) methods: illustrative use of the data, (6) resulting Chernobyl assessment, discussion, conclusions, (7) two technical appendices, and references.

Committee for Nuclear Responsibility, Inc.

A non-profit educational organization, since 1971

POB 11207

San Francisco, CA 94101, USA

Gifts are tax-deductible.

Chernobyl (Part 1) : A Realistic Assessment Of Cancer-Consequences.

Ms. Egan O'Connor.

- - The Chernobyl nuclear power plant accident of April 1986 will cause a million malignancies in Europe and in the European regions of the Soviet Union, according to an independent radiation expert, John W. Gofman, M.D., Ph.D. Dr. Gofman, who is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California (Berkeley) and author of *Radiation and Human Health (R&HH)* 1981, presented his country-by-country assessment September 9, 1986 at the national meeting of the American Chemical Society.*

- - His presentation at the A.C.S. explained the scientific errors which invalidate the much lower cancer estimates publicized by others, and in addition, offered the first positive proof that there is no safe threshold dose of ionizing radiation with respect to human cancer-induction. This proof demolishes the idea (called "radiation hormesis") that low doses of ionizing radiation could be good for human health.

- - The assessment of a million malignancies from Chernobyl includes only those cases which will result from the fallout of cesium-134 (radioactive half-life = 2.3 years) and cesium-137 (half-life = 30.2 years). These two radionuclides are unquestionably the dominant health menace from the Chernobyl accident.

- - The staggering health consequences of the accident are perfectly consistent with a very low risk for adult tourists spending a few weeks or a year in Europe. There is no contradiction because the million malignancies will result from the continuing exposure of whole populations (including children) by the radio-caesiums for many years.

- - Even though the cesium works its way below the surface of the soil, its decay produces gamma rays, most of which are powerful enough to penetrate the soil and to continue irradiating people. Cesium atoms which bind to the outside of buildings also continue irradiating people. About 70% of the ultimate dose from cesium-137 comes from the continuing external irradiation which it causes; the other 30% comes internally via its ingestion. The body treats ingested cesium like potassium. Fortunately, the transfer of radio-caesiums via roots into plants becomes inhibited over time, because cesium binds relatively soon with other molecules in most soils.

- - In Dr. Gofman's presentation to the A.C.S., he shows that approximately half of all the dose (external and internal combined) ever to be received from Chernobyl's cesium fallout will have been received during the first 10 years after the accident. Approximately two-thirds of the ultimate dose commitment will have been received by about the 25th year.

- - Because sensitivity to radiation-induced cancer is highest at the youngest ages of exposure, the impact of the Chernobyl accident will be greatest upon the young — even upon children not yet conceived. When a population of normally mixed ages is irradiated, about 73% of the radiation-induced cancers develop in people who were age 20 years or younger at the time of exposure (*R&HH*, p.309).

- - Not only do the young experience a greater lifetime rate of radiation-induced cancer, but their cases cost them a far greater loss of lifespan. For instance, when newborn males are irradiated, among those who do develop fatal radiation-induced cancer, half will die before reaching age 54.5 years; by contrast, if irradiation occurs at age 45, among those who do develop fatal radiation-induced cancer, half will die before reaching age 75.2 years.

- - Measurements of fallout from Chernobyl destroy the notion that only people living close to a nuclear power plant are at mortal risk. Dr. Gofman's assessment shows that more malignancies from the accident will occur outside the Soviet Union than inside. His analysis also shows that the malignancies from one accident at a nuclear reactor are rivaling the number caused by all the above-ground nuclear bomb-tests of the UK, USA, and USSR combined.

* See note on first page.



Chernobyl (Part 2) : When Radiation Experts Disagree . . .

NO NUKES



- - In late August, 1986, the Soviet government presented its first report about the Chernobyl accident to the International Atomic Energy Agency (IAEA), an organization of governments sponsoring or planning to sponsor nuclear power. The Soviet's estimate of cesium-137 fallout measured within the European parts of the Soviet Union is in perfect accord with Dr. John W. Gofman's earlier estimate. Since Dr. Gofman's independent methods, using data from the World Health Organization (WHO) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), yielded the right answers about fallout and dose within the Soviet Union, there is good reason for confidence that his methods are also yielding realistic answers for the European nations which supplied data of a similar nature to WHO and EPA.

- - With regard to the amount of fallout from Chernobyl and the resulting human doses, there is presently *not significant* disagreement among experts. Then why are their estimates of the resulting malignancies so significantly different?

- - The reason is simple: governments and other promoters of nuclear power and the experts who are personally dependent on them invariably use much lower factors to convert dose to malignancies than do independent radiation experts like Drs. Gofman and Radford. Dr. Edward Radford, who was the Chairman of the (U.S.) National Academy of Sciences' Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR), wrote a vigorous dissent to its report (BEIR-1980). Dr. Radford thinks BEIR-values understate cancer consequences from radiation exposure by 6-fold; Dr. Gofman thinks that BEIR-values understate consequences by 22-fold, and that the United Nations Scientific Committee On the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) understates consequences by 37-fold.

- - The different factors for converting fallout doses to malignancies are inversely related to the different cancer-doses used by these four sources. The cancer-dose is simply the amount of radiation exposure in rads which will cause one fatal cancer in an irradiated population of mixed ages. (100 rads = 1 Gray.) It does not matter that different individuals receive different doses, because the amount of exposure is measured in person-rads. Example: 2,000 people each receiving 3 rads of exposure yield a dose of 6,000 person-rads; 4,000 people each receiving 0.5 rad yield 2,000 person-rads; the total exposure for such a population would be 8,000 person-rads. Remember: A high cancer-dose suggests a low risk from radiation. The high cancer-dose of 10,000 person-rads per fatal cancer (compared with the realistic cancer-dose of 268 person-rads) says that 10,000 / 268 or 37.3 times more exposure is required to induce one fatal cancer than the cancer-dose of 268 person-rads says.

- - With respect to Chernobyl's cancer consequences, the various cancer-doses for a mixed-age population need comparison:
GOFMAN 1981: 268 person-rads per fatal cancer.
RADFORD 1985: 1,000 person-rads per fatal cancer.
BEIR 1980: 5,800 person-rads per fatal cancer.
UNSCEAR 1977: 10,000 person-rads per fatal cancer. (No changes appeared in its 1982 and 1986 reports.)

- - By simple proportion, it is clear that the same exposure from Chernobyl fallout which leads Dr. Gofman to estimate 1,000,000 radiation-induced malignancies (half of them fatal), in Europe and the Soviet Union combined, would lead to the following estimates of malignancies based on the other sources:

RADFORD: $(268 / 1,000) \times (1,000,000)$
= 268,000 malignancies.**

BEIR: $(268 / 5,800) \times (1,000,000)$
= 46,207 malignancies.

UNSCEAR: $(268 / 10,000) \times (1,000,000)$
= 26,800 malignancies.

- - Chernobyl assessments based on BEIR and UNSCEAR are simply unrealistic. This accusation is not a matter of "opinion", "preference", or "anti-nuclear bias." It is a matter of science. The BEIR and UNSCEAR cancer-doses are worthless because they are demonstrably incompatible with existing human evidence.

- - If BEIR and UNSCEAR values are wrong, how does anyone dare to use them? Why are they described as "widely accepted"? The

** In fact, Dr. Radford has estimated 100,000 malignancies from Chernobyl in Europe, excluding the Soviet Union (from transcript of July 7, 1986 telecast on the Australian Broadcasting Corporation).

Malignancies From the Chernobyl Accident and From Atmospheric Nuclear Weapons-Testing

This table is adapted with permission from J.W. Gofman's pre-publication preprint. Malignancies are based upon the ultimate dose-commitments (external and internal) over time from cesium-137 and 134. For every radiation-induced cancer, there will be approximately one non-fatal radiation-induced cancer. Malignancies from Chernobyl are based on dose-data supplied by 30 governments, and correspond with cesium-137 deposition of 992,000 curies within the European regions of the USSR and 994,000 curies within the other 29 countries. The Soviets say the reactor's total cesium-137 inventory was 8,000,000 curies. Malignancies from all atmospheric testing of nuclear weapons above ground by the UK, USA, and USSR, combined, are based on the U.N.'s figures for average cesium-137 deposition (136,000 pCi/sq meter) and the corresponding dose-commitment (89 millirads) in the northern hemisphere's temperate latitudes. This table excludes other locations. Entries are deliberately not rounded off before the final combination.

Country	Approx. Population	CHERNOBYL ACCIDENT *				ATMOS. WEAPONS-TESTING			
		Dose-Commit.	Fatal Cancers	Non-Fatal Add'l Ca.	Leukemias	Dose-Commit.	Fatal Cancers	Non-Fatal Add'l Ca.	Leukemias
Afghanistan	19,300,000	No data				89 mrad	6,409	6,409	264
Albania	2,500,000	12 mrad	112	112	5	89 mrad	837	837	34
Algeria	16,800,000	No data				89 mrad	5,579	5,579	230
Austria	7,600,000	174 mrad	4,934	4,934	203	89 mrad	2,544	2,544	104
Bangladesh	73,700,000	No data				89 mrad	24,475	24,475	1,009
Belgium	10,000,000	2 mrad	75	75	3	89 mrad	3,347	3,347	137
Bulgaria	8,600,000	172 mrad	5,519	5,519	228	89 mrad	2,878	2,878	118
Canada	22,125,000	0.4	33	33	1	89 mrad	7,405	7,405	303
China	820,000,000	No data				89 mrad	273,243	273,243	11,266
Cuba	9,500,000	No data				89 mrad	3,155	3,155	130
Czechoslov.	15,500,000	52 mrad	3,007	3,007	124	89 mrad	5,188	5,188	212
Denmark	5,100,000	15 mrad	285	285	12	89 mrad	1,707	1,707	70
Egypt	37,500,000	No data				89 mrad	12,453	12,453	513
Finland	4,800,000	249 mrad	4,460	4,460	184	89 mrad	1,607	1,607	66
France	54,540,000	58 mrad	11,803	11,803	487	89 mrad	18,255	18,255	747
Germany, E.	17,100,000	201 mrad	12,825	12,825	529	89 mrad	5,723	5,723	234
Germany, W.	61,400,000	172 mrad	39,406	39,406	1,625	89 mrad	20,551	20,551	841
Greece	9,700,000	3 mrad	109	109	4	89 mrad	3,247	3,247	133
Hungary	10,600,000	41 mrad	1,622	1,622	67	89 mrad	3,548	3,548	145
India	610,000,000	No data				89 mrad	203,637	203,637	8,396
Iran	32,900,000	No data				89 mrad	10,926	10,926	450
Iraq	11,100,000	No data				89 mrad	3,686	3,686	152
Ireland	3,100,000	1.3	15	15	1	89 mrad	1,038	1,038	42
Israel	3,400,000	No data				89 mrad	1,129	1,129	47
Italy	56,200,000	29 mrad	6,081	6,081	251	89 mrad	18,810	18,810	770
Japan	120,000,000	0.8	357	357	15	89 mrad	39,997	39,997	1,636
Korea, N.	15,900,000	No data				89 mrad	5,280	5,280	218
Korea, S.	33,900,000	0.6	76	76	3	89 mrad	11,346	11,346	464
Luxembourg	350,000	12 mrad	16	16	1	89 mrad	117	117	5
Mexico (h)	30,000,000	No data				89 mrad	9,963	9,963	411
Netherlands	14,400,000	12 mrad	645	645	27	89 mrad	4,820	4,820	197
Norway	4,130,000	86 mrad	1,325	1,325	55	89 mrad	1,382	1,382	57
Pakistan	70,600,000	No data				89 mrad	23,446	23,446	967
Poland	36,900,000	259 mrad	35,661	35,661	1,470	89 mrad	12,350	12,350	505
Portugal	8,800,000	Neg'ble				89 mrad	2,922	2,922	120
Romania	22,900,000	770 mrad	65,795	65,795	2,713	89 mrad	7,665	7,665	314
Spain	38,200,000	2.6	371	371	15	89 mrad	12,786	12,786	523
Sweden	8,300,000	496 mrad	15,361	15,361	633	89 mrad	2,778	2,778	114
Switzerland	6,500,000	236 mrad	5,724	5,724	236	89 mrad	2,176	2,176	89
Syria	7,300,000	No data				89 mrad	2,424	2,424	100
Taiwan	16,000,000	No data				89 mrad	5,313	5,313	219
Turkey	48,000,000	100 mrad	17,910	17,910	738	89 mrad	16,066	16,066	657
United King'm	56,000,000	65 mrad	13,582	13,582	560	89 mrad	18,743	18,743	767
U.S.A.	240,000,000	0.05	44	44	2	89 mrad	78,655	78,655	3,218
Yugoslavia	23,000,000	185 mrad	15,877	15,877	655	89 mrad	7,698	7,698	315
U.S.S.R.									
Ukraine	50,700,000	936 mrad	177,072	177,072	7,301	89 mrad	16,969	16,969	694
Byelorussia	9,900,000	714 mrad	26,375	26,375	1,087	89 mrad	3,314	3,314	136
Moldavia	4,080,000	125 mrad	1,903	1,903	78	89 mrad	1,366	1,366	56
Baltic Reps.	7,660,000	104 mrad	2,973	2,973	123	89 mrad	2,564	2,564	105
Moscow	8,400,000	40 mrad	1,254	1,254	52	89 mrad	2,811	2,811	115
Leningrad	4,700,000	148 mrad	2,596	2,596	107	89 mrad	1,573	1,573	64
Remainder	170,000,000	No data				89 mrad	56,455	56,455	2,328
Sum			475,202	475,202	19,593		992,357	992,357	40,805
Sum (rounded off)			CHERNOBYL ACCIDENT Total Malignancies = 1,000,000				ATMOS. WEAPONS-TESTING Total Malignancies = 2,000,000		

* Chernobyl fallout (little of which, compared with bomb-debris, circled the globe) was distributed very unevenly by weather -- particularly wind and rainfall. For instance, fallout was much heavier in Scotland than in England, and much heavier in the south of West Germany than in the north.

press is to blame for failing to point out the big difference between "widely accepted" within the radiation industries (where understated risks are helpful), and "widely confirmed" by independent scientists. The BEIR and UNSCEAR values have definitely *not* been widely confirmed by independent experts. They have not even been widely examined within the radiation industries. Since so few people have ever looked at the underlying epidemiological evidence from which cancer-doses are derived, it is fair to say that most people using UNSCEAR and BEIR values literally don't know what they are talking about.

- - The general public and news reporters, who also do not evaluate the evidence themselves, are left with the familiar question: when experts disagree, which ones shall we believe?

- - It would make sense to believe the experts who (A) are personally independent from funding by any government or radiation industry, (B) can demonstrate their own personal acquaintance with the existing epidemiological evidence and analyses, and (C) have a track-record of making correct predictions in this field.

- - When the media is reporting on the health consequences of *smoking*, for instance, reporters do not present experts who are personally dependent on the tobacco industry without identifying the tie; they do not consult experts who are completely unfamiliar with the field; and they *do* give their greatest attention to the work of independent scientists. Those practices by the press would be appropriate on the topic of ionizing radiation, too.



the industry) to *do* appropriate things about the threat. The consequence of disinformation on health may be *another* severe accident somewhere killing *another* half-million people, plus smaller radiation releases adding up to the same result.

- - Cheerleaders for the radiation industries have repeated over and over that the cancer consequences from Chernobyl will be "undetectable." That much is true. Even a *million* malignancies will not alter the cancer statistics because a million will fall within the "error-band."

- - But undetectable is not the same as imaginary. We do not need to measure the additional malignancies caused by Chernobyl in order to know that they will have occurred, any more than we need to measure the gasoline in our car in order to know that an undetectable amount will have been consumed when we drove the car 10 feet up the driveway. We can *know* such things by previous studies and successful predictions.

- - A new moral law is introduced by the repeated suggestion that it is socially acceptable to inflict mortal injury on other humans as long as your victims remain undetectable.

- - The public has been reminded incessantly that many more people will die from spontaneous cancer than will ever die from *Chernobyl* cancer. True again. In the industrialized world, spontaneous cancer kills about 1 out of every 6 people, and almost nothing competes with it as a killer. Certainly murder is trivial by comparison. Small comfort to murder victims and their families. Even war has been a lesser killer than the natural cancer-rate. Human rights may be under their final siege if society ever accepts the suggestion that anything *smaller* than the natural cancer-rate is an acceptable activity for some people to inflict on others, if we just "put things in reasonable perspective."

- - Since reporters in the commercial press seem determined to propagate this awful "perspective," people who follow a different model of morality will have to sustain human rights through the non-commercial, grassroots network. As Americans, we have this precious freedom of speech — so rare in the world — and only we are to blame if we fail to use it. Edmund Burke (1729-1797) said it best:

"All that is necessary for the triumph of evil is that good men do nothing."

Ms. Egan O'Connor

We urge you to reprint this article in as many newsletters, newspapers, and magazines as possible. Its use in installments would be possible, too. Or excerpts. No permission is required, but the Committee would appreciate receiving a copy of such reproductions. "Master copies", on white paper and without smudges, are available from C.N.R.

Ms. O'Connor is executive director of the Committee for Nuclear Responsibility (pob 11207, San Francisco, CA 94101, USA) and co-author with John W. Gofman of the book *X-Rays: Health Effects of Common Exams*, which was selected by the *Library Journal* as one of the most important and useful reference books published in all of 1985.

Chernobyl (Part 3) : Some Of the Moral Issues . . .

- - For decades, there has been a disinformation campaign about ionizing radiation — a campaign which has consistently told people that the cancer hazard from exposure is smaller than it truly is. Among the experts participating in this campaign, there are at least three degrees of shame.

- (1) **HARDWARE SCIENTISTS WHO "PARROT"**. In the radiation industries, there are many highly competent engineers, physicists, and chemists who know nothing about radiation epidemiology (the study of exposed groups). And because society truly needs a division of labor, it is *not* their responsibility to find out. Some of these "hardware types" probably do not even suspect that they are being fed disinformation about health effects. After all, their personal experience in science is that sponsors of research sincerely want truth, because the sponsors' enterprises will fail if their information is faulty. Some of the "hardware types" may be too naive to realize that in radiation epidemiology, truth is *not* helpful to those who overwhelmingly sponsor the research. Some of these "hardware types", instead of speaking only on subjects they understand, happily parrot a head parrot who has memorized the simple line: "10,000 person-rads per cancer is widely accepted." "Gofman's way off base."

- (2) **BIOLOGICAL SCIENTISTS WHO "PARROT"**. In epidemiology, biostatistics, health physics, nuclear medicine, and radiology, there are *also* many experts, fully competent in their own specialties, who know nothing about radiation epidemiology. But it is impossible to believe they are unaware that independent scientists have challenged the UNSCEAR and BEIR cancer-doses. Yet *without* stopping to evaluate the evidence and analyses themselves, they are willing to take sides on an issue where millions of people will suffer and die if the wrong side prevails. Under such circumstances, speaking out in ignorance amounts to professional malpractice.

- (3) **SCIENTISTS WHO DECEIVE**. Information can be a deadly weapon. It does not take a government-made famine, a holocaust, or an atomic bomb to kill a million people. Disinformation which understates the hazard from ionizing radiation will also cause *millions* of people to suffer and die (from cancer). The number is huge because every year, worldwide, hundreds of millions of people receive medical and occupational exposures, and these exposures will be needlessly high if the risk is understated by 22 to 37 times. In the USA alone, 1½ million people per generation will get *unnecessary* cancer just from the *unnecessarily* high doses which are common in diagnostic radiology (*X-Rays*, p.369).

- - Any scientist who knowingly helps to delay or obscure the truth about the hazard from ionizing radiation is an accomplice in massive, premeditated, random murder. Perhaps such people resort, before their mirrors, to the same refrain which could sustain even an informant for the Gestapo or K.G.B.: "If I don't do it, somebody else will."

- - There is another reason why disinformation about ionizing radiation is murderous. By producing gross underestimates of the consequences from Chernobyl, disinformation hides the true menace from nuclear power plants and lessens the pressure (both inside and outside

A Major C.N.R. Project for 1986-87:

Separating Science from Pseudoscience in "Radioepidemiological Tables"

by John W. Gofman, M.D., Ph.D.
Fall, 1985.
Committee for Nuclear Responsibility
pob 11207, San Francisco, CA 94101, USA.

J.W. Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California, Berkeley; Director (1963-69) of the Biomedical Division of the Livermore National Laboratory; author of *Radiation and Human Health* (1981); co-author of *X-Rays: Health Effects of Common Exams* (1985).

What Is A "Radioepidemiological Table" Anyway?

After a particular cancer has appeared in an individual, the correct approach concerning causation of that cancer by radiation is to evaluate the *share* of causation which was contributed by earlier radiation exposure of known size at a known time.

Because everyone is exposed to natural background radiation, radioactive fallout, and other sources of ionizing radiation, there is no cancer case free from the claim that it might have been caused by radiation exposure. The probability can be evaluated, according to the dose and age (or ages) during exposure. Yet no matter how high was the previous dose, the fractional causation by radiation is never 100% (which means *certainty*) because 100% would falsely exclude the possibility that the same cancer case might have occurred anyway due to other causes.

Radiation causation of a particular cancer case must be stated in terms of a fraction, a percent, a numerical probability. Such numbers, which are necessarily derived from *epidemiological* studies of exposed human groups, can be arranged in tables. In 1981, such tables were published in *Radiation and Human Health* (Gofman, 1981). In 1985, the government produced its own sets of such "PC" (probability of causation) tables, and called them "radioepidemiological tables." A radioepidemiological table is simply a PC table with a new and difficult name. It is a table stating the probability that a particular case of cancer could result from prior exposure to ionizing radiation.

■ What's at Stake? ■

■ Early in 1985, the government published a 355-page report entitled *Report of the National Institutes of Health Ad Hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables* (January 4, 1985, NIH Publication No. 85-2748, the U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health; sold by the U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402).

■ The report's extensive tables will be a central feature in all pending and future lawsuits filed by those cancer victims who assert that their cancers have resulted from wrongful radiation exposure. But the impact of the official government report will extend far, far beyond a few thousand cases reaching courtrooms. Its impact will extend to almost every American:

■ — Approximately 1.5 million American workers receive *occupational* exposures now to ionizing radiation (source: Environmental Protection Agency), not only in civilian and military nuclear programs, but also in medical professions, in numerous industries including transport, and in the handling of wastes produced by all these activities.

■ — The general public receives non-occupational exposures, voluntary as well as involuntary. Involuntary exposures include radioactive pollution from the civilian and military nuclear programs, both past and on-going — from fallout to accidents. Voluntary non-occupational exposures occur primarily in medicine. *An estimated 7 out of 10 Americans receive diagnostic X-rays every year* (source: Public Health Service). Therapeutic radiation treatment for existing cancer is a separate source of exposure. In addition, the use of radioisotopes in both diagnostic and therapeutic nuclear medicine is a rapidly expanding field.

■ I have examined the report of the Ad Hoc Working Group. Relative to earlier government-sponsored reports in this field, it makes many new admissions concerning the cancer hazard from ionizing radiation. The mountain is getting dragged in the direction of truth. "The mountain is moving."

■ The document is nevertheless far from being an unbiased, reasonable treatment of the evidence at hand concerning radiation injury, as I shall illustrate below and in Points 1, 2, 3, 4, 5. Because the Working Group chose scientifically unreasonable assumptions which understate the probability of radiation causation, its report is clearly a device which shaves and denies liability in a serious manner.

■ And the consequences? Escape from liability invariably encourages carelessness — in this context, meaning *needlessly high* future exposures to ionizing radiation in industry, medicine, and military and civilian nuclear programs. Consequently, millions of people will suffer unnecessarily as a result of this government document, unless the document is challenged and its errors exposed.

■ — It is essential that a totally independent report be prepared. That report must show in detail where the government report is in error, why it is in error, and must show what a proper analysis of the latest evidence would produce concerning the probability of causation of a particular cancer case by radiation.

■ — The Committee for Nuclear Responsibility is going to prepare and publish such a report as a major project for 1986-87.

■ History Counts! ■

■ Anyone who has given attention to the health effects of nuclear power generation, the cancers and leukemias from atmospheric weapons-testing, and the possible consequences to health from nuclear power accidents, must admit that the United States Government and its designated agents are *anything but* unbiased observers of the scene. For decades, these interests have led the effort to sell nuclear power, to equate "permissible dose" falsely with "safe dose," and to downplay the effects of radioactive fallout and radiation.

■ The stakes have recently risen enormously for radiation apologists. In 1982, a test trial in Federal Court led to a decision by the judge that several leukemias and cancers in an area of Utah downwind from the Nevada Test Site were indeed caused by fallout from atmospheric nuclear bomb tests there. Subsequently, additional lawsuits have been filed against the U.S. Government, the owners of Three Mile Island, and other parties; informal estimates suggest several thousand such lawsuits already.

■ It would be one of the understatements of the decade to say that the U.S. Government is worried on its own behalf and on behalf of protecting politically powerful private interests. Indeed, members of the Torts Branch of the U.S. Justice Department have launched an outreach program of their own to teach more people how to fight against radiation lawsuits. They have generously developed a textbook for recruits: *Radiation Litigation: A Primer for the Health Physicist, VOL I-Text, 1985* by Donald E. Jose, Pamela L. Wood, and Ralph H. Johnson, all of the Torts Branch, Civil Division, U.S. Department of Justice.

■ Of course, it is necessary for the Congress and the Administration to appear devoted to insuring *justice* for those who have a valid claim for radiation injury caused by the U.S. Government and/or by private interests.

■ How have they gone about "insuring justice"? U.S. Senator Orrin Hatch of Utah introduced a part of Senate Bill S.1483, "Radiation Exposure Compensation Act," to provide for damages due to radiation exposure from nuclear weapons tests in Nevada. The bill was never reported out of committee, so instead, the bill's section requiring the production of radioepidemiological tables was put into Public Law 97-414, and this law (known as "the Orphan Drug Act") was signed into law on January 4, 1983.

■ *Ostensibly*, this looks like progress. But whether it is a major step forward toward justice or a step back into the Dark Ages depends on the *quality* of the official radioepidemiological tables.

■ The law mandates the Secretary of Health and Human Services to "update these tables and formulas every four years, or whenever necessary, to insure that they continue to represent the best available scientific data and expertise." This stipulation infers, of course, that the initial 1985 sets of tables represent good data and real expertise.

■ So the questions at hand are: Does the report of the Ad Hoc Working Group represent "the best available scientific data and expertise," and is it an unbiased report?

■ Human Nature Exists ■

Humans design their products to meet the desires of those who pay for them. This is not evil — it's common sense. If truth is a product you want, be careful who's really paying for your science.

■ With respect to bias, which will be explored further in Points 1, 2, 3, 4, 5 below, it is not impugning motives to raise the issue of conflict of interest. Rather, doing so is a *duty* with respect to science. Bias is recognized to be so central to human nature that techniques to help control it are nearly mandatory in science (for instance, the double-blind study, the independent repetition to confirm alleged findings, the balanced scientific advisory board). By the way, it is perfectly proper for others to examine my own history to look for possible bias.

■ Were precautions taken to control bias in the production of the official radioepidemiological tables?

■ Although the U.S. Government has a huge stake in the tables, the "Ad Hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables" was itself selected by agencies of the U.S. Government or such quasi-governmental agencies as the National Academy of Sciences/National Research Council; moreover, the Group was loaded with employees of the U.S. Government! The conflict of interest is self-evident. What's more, those whose research is supported directly or indirectly by federal funding have certainly observed what has happened to *other* recipients of

federal support (myself included until 1973) whose scientific findings were politically inconvenient for the U.S. Government. Scientists are an alert group, not ignorant on important matters (like funding).

■ As for groups which feel they have a case for radiation injury and groups which have concern about future occupational exposures, they had no input into selection of the Working Group's members and they have no representation in it. Is this fair and appropriate?

■ There are nine members of the Ad Hoc Working Group. One is Nobel Laureate Rosalyn S. Yalow, whose own work in this field we've been unable to find anywhere; what we can't miss is her frequent complaint that much of the public suffers from an "almost phobic fear of radiation" and from "radiation hysteria" (for instance, *Psychology Today*, Dec. 1982; ABC-TV *Nightline*, broadcast June 6, 1985). The other eight members of the Working Group are:

■ Gilbert W. Beebe,
National Cancer Institute.

■ David G. Hoel,
National Institute of Environmental and Health Sciences.

■ Seymour Jablon,
National Research Council.

■ Charles E. Land,
National Cancer Institute.

■ Victor H. Zeve (exec. secretary),
National Cancer Institute.

■ Oddvar F. Nygaard,
Dept. of Radiology,
Case Western Reserve University.

■ J. Edward Rall,
National Institutes of Health.

■ Arthur C. Upton,
NYU Medical Center;
formerly at Oak Ridge Natl. Lab;
NAS BEIR-I Com'tee;
past head of the Natl. Cancer Inst.

■ The Record Speaks ■

■ It might seem to the public and press that scientific data are scientific data, and that there can hardly be any bias or controversy about them. But the truth is that for the hard data to be *converted* into probability of causation (PC) tables, several assumptions, approximations, and hypotheses about the radiation induction of cancer are required. This is necessary simply because our total human evidence is so limited that nothing at all could be done with the data unless assumptions, approximations, and hypotheses are used.

■ So, even though all scientists working in this field have access to the same real-world human data, the differences in how they use the data can easily lead one group of analysts to conclude that the hazard from radiation is 50 times (or more) higher than the hazard estimated by another group of scientists using the same data.

■ It is no secret that, in general, those experts working for *any* branch of the U.S. Government or supported by its funding have consistently estimated the hazard from radiation to be far lower than have independent scientists who are not supported by government funds or employment. By itself, this non-random pattern does not prove that government-supported scientists are wrong or that independent scientists are correct.

■ But the record of the past 15 years *speaks for itself*. On many, many aspects of cancer and leukemia induction by radiation, the government and quasi-governmental scientists have been forced to concede that the evidence confirms the predictions of independent scientists (myself included) far better than the estimates of governmental and quasi-governmental sources. One example among dozens: it is now conceded that breast-cancer induction by radiation — which such sources ridiculed in 1969-72 — is real and undeniable. Of course, admissions of earlier errors are rarely made with the honesty needed in science; instead, they more often meet political needs with verbiage which translates, "We've known that for a long time!" My own translation of the verbiage: "It's become quite uncomfortable to defend the indefensible."

■ — The steady series of concessions made by such groups over time suggests that pressure from outside scrutiny is effective. It is worthwhile, therefore, to challenge the unreasonable aspects of the official radioepidemiological tables.

■ — To provide some guidance pending C.N.R.'s report, a few examples of egregious mishandling of the evidence by the Ad Hoc Working Group are explained below. It will be clear how such mishandling leads, every time, to an understatement of the probability of causation.

● Point #1 ● The Peoria Problem

● If human studies had been done in every state except Illinois and if such studies showed that exposure to ionizing radiation can cause many or all types of cancer, a person could still say:

I will not accept the assertion that radiation can cause cancer in Peoria, Illinois, until an adequately large and long study has been done in Peoria. It may be proven in other places, but not in PEORIA!

I call this the "Peoria" approach. It has been used repeatedly by defense attorneys in radiation lawsuits. It amounts to a denial that science can and does produce useful, valid generalizations inferred from its method of specific studies and limited data. Even the law of gravity would have to be re proven for PEORIA in some courtrooms.

● The "not in Peoria" assault on science is self-evident nonsense. Therefore, in allegedly scientific reports, it has to be disguised. The Ad Hoc Working Group never announces that it is invoking the "not in Peoria analytical technique" when it refuses to draw inferences from unwelcome evidence. Yet the "not in Peoria" device is a major feature of the Working Group Report, as will be demonstrated in Points 2, 3, 4, 5.

● Point #2 ● Tables Missing

For the Most Easily Injured Age-Groups

● In 1969, Gofman and Tamplin stated three major laws about radiation carcinogenesis. One law is that children are more sensitive to radiation-induction of cancer than are adults. Many pro-nuclear scientists ridiculed this law, and some still do! Therefore, it comes as a welcome surprise to read (Working Group Report, p. 18):

"One of the most interesting observations to come out of the Japanese A-bomb survivor studies, which are based on a large population of all ages in 1945, is that the risk of radiation-induced cancer depends strongly on age at exposure."

The Report's Figure III-4 (p. 41) shows a graph of age-sensitivity virtually identical with those produced by Gofman and Tamplin well over 10 years ago.

● We might expect that the Working Group, having acknowledged and quantified age-sensitivity (p. 41), would use this information. But its members do not do so. Instead, they subdivide the totality of cancers by organs as well as by age-groups! Now, even in the large Hiroshima-Nagasaki study, particularly with its incomplete follow-up period, there simply are not enough cases for separate analysis of each and every form of cancer for each and every age-group. "Too bad!" appears to be the attitude of the Working Group's members. "In such circumstances, we simply won't assign any value at all for the probability of causation."

● — ESOPHAGUS CANCER (p. 203): The Group assigns no PC (probability of causation) value for this cancer for persons exposed at ages below 20 years. The Group's explanation: not enough esophagus cancers in that age-group among the bomb survivors to make a separate analysis.

● — STOMACH CANCER (p. 209): The Group assigns no PC value for exposures at ages below 10 years. Explanation: the same.

● — COLON CANCER (p. 216): The Group assigns no PC value for exposures below 20 years of age. Explanation: the same.

● — LIVER CANCER (p. 223): The Group assigns no PC value for persons exposed below 20 years of age. Explanation: the same.

● — PANCREAS CANCER (p. 230): The Group assigns no PC value for exposures below 20 years of age. Explanation: the same.

● — LUNG CANCER (p. 239): The Group assigns no PC value for exposures below 10 years of age. Explanation: the same.

● — KIDNEY AND BLADDER CANCER (p. 253): The Group assigns no PC value for exposures below 20 years of age. Explanation: the same.

● As a great concession, the Working Group does include analysis for two cancer sites (BREAST and THYROID) for all ages down to 0 (newborn).

● Ostensibly, the Congressional purpose for the radioepidemiological tables was to see that those injured by radiation would be properly compensated. But we see the Working Group which it created finely subdividing the human evidence, thereby creating a shortage of data for separate analyses, and then invoking the "not in Peoria" device to exclude the necessary tables for most of the major cancers for the most sensitive persons: namely those under 20 years of age at exposure, and especially those under 10 years of age. It hardly needs stating that the Peoria device is a way to "detoxify" the most severe effects of radiation.

● Here are scientists who have admitted that the combined data from all types of cancer provide plenty of evidence of the strong dependence of risk on age-at-exposure. From the data on all cancers combined, they show quantitatively how much the risk goes up as age goes down. What the Working Group could and should have done, instead of refusing to deal at all with the most severe radiation effects, is to take the risk-rates which it obtained for the young people from the combined cancers, and then apply them to the individual sites of cancer.

● Is there real-world human evidence to justify treating all organs the same way in terms of their percent increase in cancer risk (over their spontaneous rates) per rad of radiation exposure? Indeed there is. I have examined the data from Smith and Doll (1978), Kato and Schull (1982), and Wakabayashi et al (1983) and this combined evidence provides no reason whatsoever to think that one type of cancer increases, over its spontaneous rate, by a different percentage per rad than any other type. Kato and Schull (p. 404 of their 1982 report on Hiroshima-Nagasaki data) state the case explicitly:

"As shown in Figure 1, the 90% confidence limits of the relative risks of breast, stomach, lung, and colon cancers overlap each other, and the relative risk of cancers of all sites (leukemia is handled separately) is within the confidence limit, so, statistically it cannot be said that the relative risk differs according to target organ." (Emphasis added.)

● This statement, up-to-date from the largest series, namely Hiroshima-Nagasaki — on which the Ad Hoc Working Group relies so heavily when it suits its purposes — was far more than ample justification for a responsible approach to estimation of the risks and PCs for those under 20 years of age. But the Ad Hoc Working Group chose to subdivide and to invoke the Peoria device rather than to provide risk or PC estimates for those at highest risk.

● Point #3 ●

Tables Missing for Every Age-Group

● Using the method described under Point #2, the Working Group assigns no risk values at any age of exposure for the following cancers:

- — PROSTATE
- — UTERUS
- — CERVIX
- — TESTIS
- — LARYNX
- — NASAL SINUSES
- — PARATHYROID
- — OVARY
- — CONNECTIVE TISSUES
- — LYMPHOMA
- — MULTIPLE MYELOMA
- — BRAIN
- — MESENTERY and MESOTHELIUM
- — CHRONIC LYMPHATIC LEUKEMIA

● For this behavior, the Working Group came close to admitting its subdivide-for-Peoria technique when it conceded (p. 262):

"Although it is generally accepted that ionizing radiation may increase the risk of virtually any form of cancer, for many sites compelling human data on its causative role are lacking, and for still others, the existing data are inadequate for present purposes."

● Alert members of the press and public may wonder what the "present purposes" of the Working Group were. No one needs a fancy scientific degree in order to subdivide data until each category contains only an inconclusive amount. I'm sure it can be done in marketing and in any field at all!

● Point #4 ●

Quadratic Models: Shaving Probabilities By 2.5 Fold

● If the risk of radiation-induced cancer goes up with increasing dose (and it does), it is very likely that statistically significant excesses in cancer, caused by radiation, will be noted earliest in those who received high doses. This is not the same as saying that high doses shorten the average latency period: it is simply saying that high doses increase the cancer frequency enough to prove the difference between irradiated and unirradiated groups more readily.

.....▶

- At low and moderate doses, no excess may be provable at all unless one has an enormously large sample of persons at the lower doses, and/or the follow-up time is complete. At 35 years after radiation exposure, the follow-up period is still seriously incomplete for a population of mixed ages.

- So when human data are analyzed, one can end up with a point on a graph at, say, 50 or 100 rads of dose, and then one is faced with deciding how to connect the zero-dose point with the 50-rad point. Between those doses, the risk may be directly proportional to dose (the linear dose-response), it may be even higher than proportionality would indicate (supralinear), or it may be lower than what proportionality would indicate (consistent with a linear-quadratic response). In the absence of evidence, those who want to understate the hazard of radiation will, of course, choose the linear-quadratic model, because it predicts the least risk from low and moderate doses of radiation.

- But we are *not* without evidence. In 1981, Gofman (following earlier work of Baum) showed that the Hiroshima-Nagasaki data, analyzed 3 separate ways (breast cancer, all cancers, leukemia) unmistakably revealed every time the supralinear dose-response — meaning that the risk per rad of exposure is even greater at low and moderate doses than is the risk per rad at higher total doses.

- Does this finding, from evidence down to 15 rads and even lower, phase the Ad Hoc Working Group? Here's what it says (p. 55):

"As discussed in Chapter III-H, the weight of radiobiological evidence favors a linear-quadratic dose response to low-LET radiation for most cancers, with a "cross-over" dose, at which the components of risk proportional to dose and dose-squared are equal, somewhere between 50 and 200 rads. In general, the epidemiological evidence discriminates poorly among competing dose-response models. Thyroid cancer and female breast cancer are exceptional in that the epidemiological data strongly favor linearity. Accordingly, the Working Group has adopted linearity for breast and thyroid cancer and the BEIR III linear-quadratic model for all other sites, for PC (probability of causation) calculations involving exposure to low-LET radiation."

- So the Working Group is forced, for those categories of cancer with a great deal of evidence (namely breast and thyroid sites), to admit that the evidence simply rules out any use of the linear-quadratic model. (The Group neglects to comment on the supralinearity analyses.) Then invoking "not in PEORIA" again, the Working Group fails to apply the breast and thyroid findings to the separate organs where there is a relative shortage of evidence.

- Instead, the Group resorts to rodents and in-vitro cell cultures — the sources of the so-called radiobiological evidence. The Working Group admits (p. iii) that this radiobiological evidence is of "uncertain relevance" to human cancer induction by radiation! Nevertheless, except for some obsolete (early) Nagasaki leukemia data, this radiobiological evidence is the *only* support the Group offers for its choice of the linear-quadratic model for all cancers except breast and thyroid.

- There seems to be a double-standard in operation. Unwelcome kinds of evidence must be fortified by a mountain of human epidemiological data points before they are accepted and widely applied, but no epidemiological evidence whatsoever is required by the Working Group for embracing and widely applying concepts which will *understate* the probability of causation.

- What is the consequence of this shocking behavior from scientists? The linear-quadratic model understates the calculated probabilities of causation by 2.5 times, compared with the linear model (p. 56).

- The Working Group repeats ad nauseam throughout its report that it "prefers" the linear-quadratic model. Yet overwhelming human evidence exists (not from one rare cancer, but rather from all cancers combined and even separately from breast and thyroid cancers) that the Working Group's "preferred model" is simply wrong. It is both bizarre and menacing to human health that the Working Group should "prefer" to generalize from radiobiological evidence which may have no relationship whatsoever to induction of human cancer by radiation, than to generalize from very strong real-world human evidence.

This is PEORIA-PLUS-SOME.

• Point #5 •

Slow Exposures: Shaving PCs Some More

- One of the most enduring myths about radiation-induced cancer is that fractionation of the dose (a dose delivered in many small increments, or continuous exposure at low dose-rates) will cause fewer cancers than would the same total dose if given all at once (within 24 hours). Like most other radiation mythology, this claim is beloved by those who wish to understate the injury from radiation exposure.

- The Working Group, arguing from "authorities" when the technique suits its purpose, cites (pp. 25-26) the suggestion by UNSCEAR (the United Nations) that one should reduce radiation's cancer-producing effect by 2.5 times if the dose is spread out. The Group also cites the NCRP (Natl. Council on Radiation Protection) — which has an unbroken record of understating radiation hazards — as suggesting that slow exposure reduces effects by 2 to 10 fold. What the Working Group does not bother to point out is that neither UNSCEAR nor NCRP ever presented a shred of human epidemiological evidence to justify the alleged protection by dividing doses. If there is any reason to cite these "authorities," it is to emphasize how at variance they are with the real-world evidence cited below.

- When one looks to the epidemiological evidence which *does* exist, namely for breast and thyroid cancer, we find there is no hint whatsoever of a protective effect from dose fractionation. The Ad Hoc Working Group demonstrated that it is aware of this by making the following statement (p. 26):

"For cancers of the breast and thyroid gland, linearity of the dose-incidence relationship is suggested by the available data. For example, the risk coefficients derived from the carcinogenic effects of high thyroid doses in infants treated for thymic enlargement are similar to those derived from average thyroid doses of 9 rad in Israeli children treated for tinea capitis. Similarly, risk coefficients for breast cancer in A-bomb survivors are essentially the same whether derived from the effects of doses below 30 rad or from the entire range of doses; furthermore, the incidence of breast cancer per unit dose in women who received their irradiation in daily occupational exposures as dial painters or in many small, widely spaced exposures during multiple fluoroscopic examinations of the chest appears to be essentially the same as in women who received their irradiation in a single instantaneous exposure to atomic bomb radiation or in a few brief exposures during radiation therapy."

- The Working Group is admitting that where the evidence is strong, because *enough cases* are present to draw reasonable conclusions, the evidence provides no support for any protection from slow exposure. A scientifically reasonable approach would be to apply this finding to those cancers for which the data are still sparse and not conclusive.

- But instead, the Working Group applies the finding *only* to breast and thyroid cancers. "Not in PEORIA!" For all the other cancers, the Working Group relies on no human evidence at all to invoke a reduction in the probability of causation if a previous radiation dose has been fractionated. The Group's double-standard. Again.

#####



Courtesy of Malcolm Hancock.

Authors of C.N.R. publications express their own views and do not presume to speak for anyone else.

"Every truth passes through three stages before it is recognized. In the first it is ridiculed, in the second it is opposed, in the third it is regarded as self-evident." -- Arthur Schopenhauer (1788-1860).

ACCIDENT AT CHERNOBYL: ONE YEAR LATER

How To Kill a Half-Million People, But "Smell Like a Rose"

Comments by John W. Gofman, M.D., Ph.D., April 1987. References are on last page.

• As the first anniversary of the Chernobyl accident approaches, I will make a prediction about the second anniversary: admissions about Chernobyl's true cancer-consequences will be even more shocking a year from now.

• Today, the nuclear community has collaborated on a report, NUREG-1250 (February 1987), which admits that Chernobyl will cause probably 14,000 fatal radiation-induced cancers plus an additional 14,000 non-fatal radiation-induced cancers (Nu87, Ch8/ p10, 14). The NUREG-1250 acknowledges the fatal cancers to be "a very large number" (p11).

• The correct number, however, is far higher. The NUREG-1250 gives me more confidence than ever that the estimate of 950,000 cancers from Chernobyl --- the estimate which I presented at the national meeting of the American Chemical Society in September 1986 --- is about right (Go86; Go87a). In a moment, I shall show what accounts for the huge difference between 28,000 and nearly a million cancers. (See inside.)

• Recent signals suggest that the nuclear community is already preparing to back off from its underestimate of 28,000 cancers, and to admit some of the realities about cancer from low-dose radiation exposure, realities pressing very hard upon the nuclear community from the newest human evidence at low doses (Pr86).

• "Insider" Signal # 1 •

• The handwriting on the wall has apparently been recognized at the Environmental Protection Agency, which prepared NUREG-1250's Chapter 8, "Health and Environmental Consequences" from Chernobyl. The press may note that, contrary to claims and insinuations commonly uttered elsewhere, the EPA authors accept the following realities:

(1) Extra cancers calculated from radiation exposure are real, not imaginary or merely theoretical, although they well may be "masked" by the far larger number of spontaneous cancers occurring simultaneously (Nu87, Ch8/ p14).

(2) Low, slow dose-rates (like an extra 60 millirems spread over a lifetime) are not harmless; they are fatal to a certain fraction of people receiving them (Nu87, Ch8/ p13, 14).

(3) The honest way to calculate cancer-consequences from Chernobyl is from the all-time dose-commitment, not from just the first few years of exposure (Nu87, Ch8/ p2, 12, 13). I spoke in May or June 1986 with a government-supported expert whose group was proposing to consider only the dose received during the first year after the accident --- a brilliant device for overlooking 91% of the dose and the resulting cancer-fatalities (Nu87, Table 8.1).

(4) For every fatal case of radiation-induced cancer, there will be induced approximately one additional non-fatal case (Nu87, Ch8/ p10).

(5) The BEIR Committee of the National Academy of Sciences may be wrong in its risk-value for radiation-induced cancer (Nu87, Ch8/ p6). To arrive at 28,000 cancers from Chernobyl, the EPA authors used as "illustrative" the BEIR risk-value, which is a dose of 5,000 person-rads (or person-rems) per fatal radiation-induced cancer.

Committee for Nuclear Responsibility, Inc.

A non-profit educational organization, since 1971

POB 11207

San Francisco, CA 94101, USA

415 / 776-8299

Gifts are tax-deductible.

J.W. Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California, Berkeley; Director (1963-69) of the Biomedical Division of the Livermore National Laboratory; author of *Radiation and Human Health* (1981); co-author of *X-Rays: Health Effects of Common Exams* (1985).

● The EPA authors' exact words are: "Others might recommend a risk factor that is up to 3 times higher or lower" (Nu87, Ch8/ p6).

● In order for the EPA authors to signal publicly that the BEIR Committee may be wrong, which is high heresy, they may have had to "muddy the waters" by appearing to give equal weight to higher and lower risk-values. They may have been under heavy unscientific pressures. When I was working under contract to the federal government, I became very familiar with such pressures. It is my bet that not a single EPA author believes that radiation risk is 3 times less serious than the BEIR Committee's estimate. It is far more likely that, if the authors are personally familiar with the scientific evidence, they understand the risk is far more serious than the BEIR Committee admits.

● The Newest Human Evidence ●

● The newest human evidence (Pr86) again confirms what was already evident in 1980: the BEIR Committee has indeed underestimated the cancer-consequences from exposures to low-dose radiation --- and not by just 3-fold. BEIR underestimates the hazard by a factor of 18.7-fold (Go87b).

● An even greater underestimate of radiation risk has been promoted since 1977 by the United Nations' Committee (UNSCEAR), whose cancer-dose has been 10,000 person-rads per fatal radiation-induced cancer. (The lower the hazard, the higher the dose required per fatal cancer.) The new evidence shows that UNSCEAR's low estimate of risk --- which has been the most popular estimate in the radiation industries --- is wrong by 37.4-fold.

● For low-dose exposures (below 10 rads per person), the new evidence shows that the cancer-dose is about 254 person-rads per fatal radiation-induced cancer (Go87b), in very close agreement with the value of 268 presented in 1981 (Go81).

● "Insider" Signal # 2 ●

● UNSCEAR, like EPA, appears to see the handwriting on the wall. In its latest report of October 1986 (Un86), UNSCEAR does not repudiate its "widely accepted" risk-value of 10,000 person-rads per fatal cancer, but UNSCEAR does not defend it either. It just does not mention it. The popular risk-value has simply disappeared. This is news which science reporters seem not to have reported.

● What science writers may notice on Chernobyl's first anniversary are these and other signals of important changes ahead for radiation risk-values. That is why I predict that by Chernobyl's second anniversary, the cancer-consequences admitted by the nuclear community will be much higher than 28,000 malignancies --- in spite of protest from some who assert that a little extra radiation is good for people.

● Accounting For the Difference Between 28,000 and 1,000,000 Malignancies ●

● Three factors fully account for the difference between the assessment of 28,000 and 950,000 cancers to be caused by Chernobyl: (1) the conversion factor from received dose to resulting cancers, a factor also called the cancer-dose, (2) the estimated dose received, and (3) the estimated number of people receiving the dose.

● By comparison with the Three Mile Island accident, doses from Chernobyl are known very well. Factor (2) above does not account for much of the gap between 28,000 and 950,000 malignancies. What accounts for most of the gap is Factor (1), when EPA uses BEIR's erroneous cancer-dose of 5,000 person-rads per cancer in spite of overwhelming

human evidence that the cancer-dose is more nearly 268. This difference in cancer-dose accounts immediately for a disparity of $5,000 / 268 = 18.7$ -fold in the assessed cancer-consequences from the Chernobyl accident.

Cancer-Consequences Within the Soviet Union:

20,000 vs. 424,300 Malignancies (212,150 fatal + 212,150 non-fatal)

• Unlike the EPA authors, who used a single lifetime dose-commitment of 50 million person-rads derived from the Soviet Union's report (Vienna, 1986), I estimated lifetime dose-commitments within the western Soviet Union prior to the Soviets' report. I made separate estimates for Ukraine, Byelorussia, Moldavia, the Baltic states (Estonia, Latvia, Lithuania), Moscow, and Leningrad. I developed an independent method, described in detail for the American Chemical Society (Go86), for converting gamma-dose measurements reported by the World Health Organization into lifetime dose-commitments. It turned out that my independent method arrived at exactly the same average dose-commitment (665 millirads per person) as the Soviets' own estimate which was used by the EPA authors. However, I estimated that 85.4 million people in the western Soviet Union were exposed, whereas the Soviet report estimated 75.135 million people --- which creates a disparity in estimated cancers of $85.4 / 75.135 = 1.137$ -fold.

• **RECONCILED ESTIMATES FOR THE SOVIET UNION:** The simple multiplication below shows how the correction-factor of 18.7 for BEIR's cancer-dose, and the adjustment-factor of 1.137 for the number of exposed people, combine to account for the difference between the EPA's number of 20,000 total cancers from Chernobyl within the Soviet Union (Nu87, Ch8/ p10) and my own estimate in September 1986 of 424,300 within the Soviet Union (Go86, p39).

$(20,000 \text{ EPA est}) \times (18.7 \text{ BEIR correction}) \times (1.137 \text{ pop'n factor}) = \underline{425,238 \text{ total cancers.}}$

Cancer-Consequences Within Europe:

8,000 vs. 525,572 Malignancies (262,786 fatal + 262,786 non-fatal)

• Unlike the EPA authors, whose treatment of the dose-data available from Europe was casual and superficial in the extreme, I did a country-by-country dose estimate for each of 25 European nations, which have a combined population of 525.4 million people. The nature and dates of the dose measurements, and the exact method of their handling by me, are all presented for other scientists to check (Go86, p28-39, 47-50) --- which is the customary standard in science.

• By contrast, the EPA authors took a one-size-fits-all shortcut with respect to dose. After inspecting the range of gamma dose-rates reported by various countries, the EPA authors selected one dose-rate as typical for all Europe. They describe the value as "highly tentative" and "within a factor of about two" (Nu87, Ch8/ p13). Associated with the chosen dose-rate is a lifetime dose-commitment of about 60 millirems per person (the same as 60 millirads or 0.060 rad).

• Then the EPA authors guesstimated that about 350 million people in Europe will each receive that dose-commitment (p14); they treated France and the United Kingdom including Scotland as if they received no dose at all (p13). Thus the EPA authors came up with 4,200 fatal cancers: $(350 \text{ million people}) \times (0.060 \text{ rad each}) \times (1 \text{ fatal cancer per } 5,000 \text{ person-rads}) = 4,200 \text{ fatal radiation-induced cancers}$, which they rounded-off to 4,000. For Europe, they forgot to mention the equal number of non-fatal radiation-induced cancers, which they acknowledge for the USSR (p10). So the EPA total for Europe is really 8,000 cancers, or 8,400 before rounding-off.

• How does the EPA guesstimate of 60 millirads average dose compare with the average dose which can be derived for Europe from my own analysis? My 25 separate dose-estimates for European nations can be converted to a single average dose by working backwards as follows. My cancer estimate for Europe is 262,786 fatal cases resulting from the exposure of 525.4 million people at the rate of 1 fatal cancer per 268 person-rads (Go86, p39). Let "D" = average dose. Then:

$(525.4 \text{ million people}) \times (D) \times (1 \text{ fatal cancer per } 268 \text{ person-rads}) = 262,786 \text{ fatal cancers (plus an equal number of non-fatal cancers)}$. Therefore "D" = 0.134 rads or 134 millirads average dose-commitment per person.

• That means the ratio of Gofman to EPA average dose = $134 / 60 = 2.23$ --- right in line with EPA's own comment that its estimate was uncertain "within a factor of about 2."

• There are several reasons for placing greater confidence in my dose-estimates for Europe than in the EPA's. (1) My dose-estimates for Europe come from the very same methods which yielded my dose-estimates within the Soviet Union, and the latter were subsequently confirmed by extensive Soviet measurements; if my method was valid for the Soviet doses, there is no basis for discarding it for the European doses. (2) EPA cites dose-commitments calculated for southern West Germany and for Sweden by their governments (Nu87, Ch8/ p12); they are in good agreement with my independent estimates (Go86, p39). (3) There may be a serious flaw built into EPA's inspection of the range of gamma-doses. EPA's table (Nu87, Table 8.3) is not corrected for the date of the measurement, which is crucial. For

instance, the lifetime dose-commitment resulting from a gamma-dose measurement made on May 5th will be about 5 times higher than the dose-commitment from an equal measurement made on April 29th (Go86, p27). Whether or not the EPA authors did make a blunder on this matter cannot be ascertained from NUREG-1250 because they reveal so very little about their methods. As for the number of people exposed, EPA's estimate clearly excludes countries known to have reported Chernobyl fallout, and so it cannot be taken seriously. The ratio of populations considered by Gofman and EPA is 525.4 million / 350 million = 1.5.

● RECONCILED ESTIMATES FOR EUROPE: The simple multiplication below shows how the correction-factor of 18.7 for BEIR's cancer-dose, the correction-factor of 2.23 for average dose-commitment, and the correction-factor of 1.5 for exposed population, combine to account for the difference between EPA's rounded-off number of 8,000 malignancies within Europe from Chernobyl and my own estimate of 525,572 within Europe (262,786 fatal + 262,786 non-fatal cancers).

(8,400 EPA estimate before rounding-off) x (18.7 BEIR correction) x (2.23 dose correction) x (1.5 population correction) = 525,433 total cancers.

● How To Kill a Half-Million People, But "Smell Like a Rose" ●



● If the nuclear industries are eager to understate the true cancer-consequences from the Chernobyl accident, that does not explain why the press has seemed so eager to help their effort.

● At the very least a reporter, quoting an expert (in government, university, or medical departments) who is personally dependent directly or indirectly on one of the radiation industries, needs to reveal the conflict-of-interest, not hide it. Reporters reduce their own gullibility, of course, if they consult experts who are independent of the radiation industries.

● Also, it would be progress on the part of the press if it would stop describing an accident which even the nuclear community admits will cause 14,000 fatal cancers as "the nuclear accident which killed 31."

● By comparison with a half-million cancer fatalities from Chernobyl, which is a scientifically reasonable estimate, a false figure like 14,000 leaves "clean" nuclear power "smelling like a rose."

- Go81 Gofman, J.W., 1981, Radiation and Human Health (San Francisco, CA: Sierra Club Books).
- Go86 Gofman, J.W., 1986, "Assessing Chernobyl's Cancer-Consequences: Application Of Four 'Laws' Of Radiation Carcinogenesis." Paper presented at the 192nd National Meeting of the American Chemical Society, Anaheim, California, September 9, 1986.
- Go87a Gofman, J.W., 1987, "Health Effects of Ionizing Radiation: Dr. Sagan's Paradigms." Health Physics, May 87.
- Go87b Gofman, J.W., 1987, Memorandum for Nuclear Regulatory Commissioner James Asselstine, "Response to the NRC Staff Analysis November 21, 1986 of Issues Raised by Dr. John Gofman's Paper Presented At the American Chemical Society", January 26, 1987.
- Nu87 NUREG-1250, February 1987, Report On the Accident At the Chernobyl Nuclear Power Station, prepared by Department of Energy, Electric Power Research Institute, Environmental Protection Agency, Federal Emergency Management Agency, Institute of Nuclear Power Operations, Nuclear Regulatory Commission. EPA's Chapter 8, "Health and Environmental Consequences," is authored by J. Puskin, C. Nelson, N. Nelson, D. Janes, S. Myers.
- Pr86 Preston, D., Kato, H. Kopecky, K.J., and Fujita, S., 1986, "Life Span Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors In Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982," Radiation Effects Research Foundation Technical Report 1-86 (Hiroshima, Japan: RERF).
- Un86 UNSCEAR, 1986. United Nations Scientific Committee On the Effects Of Atomic Radiation, Genetic and Somatic Effects Of Ionizing Radiation (New York: United Nations), October 1986.

"Truth is an anvil that has worn out many a hammer." (Ancient proverb.)

SAFETY

April 12, 1987

Helpful to hazardous: Experts disagree on levels of danger

Excerpts from a long article.

"There is no (radiation) dose so small that the body can perfectly repair all resulting damage to DNA and the chromosomes," said John Gofman, former director of biomedical research at Lawrence Livermore National Laboratory.

Federal estimates seriously underrate the danger of low levels of radiation, he said, adding: "There are people in the medical field who are totally uninformed and (believe) that there probably is a 'safe' threshold (below which) there is no danger."

Many health physicists disagree.

Scientists have traditionally assumed a "linear" relationship between radiation and biological hazards, said James G. Tripodes, associate director of the environmental health and safety office at UC-Irvine. That is, hazards increase in direct proportion to the amount of radiation.

"But some research data don't support that," Tripodes said. "Rather, they indicate there are (radiation) doses below which there is no risk."

Gofman's theory is contradicted by studies of cancers among inhabitants of Denver, said Walter F. Wegst, director of research and occupational safety at UCLA.

Denver is at a higher altitude and, therefore, receives greater exposure to ultraviolet light and cosmic rays; also, its geology includes high-radiation sources. If Gofman is correct, Denver residents should be unusually cancer-prone — yet they aren't, he said.

With permission of Malcolm Hancock.



- (1) People Living in Denver Receive Extra Radiation; True
- (2) But They Don't Find Extra Cancer in Denver; True
- (3) Therefore, low-dose radiation-exposure does not cause extra cancer. False

This report will explain why the third statement above does not follow from the first two statements. Readers will be able to "see through" huge numbers of pseudo-scientific, illogical claims like statement #3 above, if they just remind themselves of facts (A), (B), and (C) below:

- (A) Background Radiation Is Just a Fraction of Our Total Radiation Exposure; True
- (B) Our Total Radiation Exposures Are an Important Cause of Cancer; True
- (C) But Radiation Is Not the ONLY Cause of Cancer. True

Some Fallacies Associated With Denver-Type Radiation Studies

John W. Gofman, M.D., Ph.D. October, 1987

- The safe-dose fallacy concerning ionizing radiation is probably the most deadly fallacy of all, in mankind's enormous effort to reduce cancer. The fallacy encourages carelessly large exposures in the low-dose region -- which is the important dose-level where the frequent human exposures occur in medical, dental, occupational, and environmental situations. As a result, the fallacy directly contributes to millions of unnecessary cases of cancer and leukemia over time (Go8l; Go85; Go87e).

THEREFORE, I THINK IT IS WORTH SOME EFFORT TO UNDERSTAND EXACTLY WHY DENVER-TYPE STUDIES OFFER NO SUPPORT FOR CLAIMS THAT LOW DOSES OF IONIZING RADIATION ARE HARMLESS.

- John W. Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California at Berkeley; Director (1963-69) of the Biomedical Division of the Livermore National Laboratory; author of *Radiation and Human Health* (1981) and co-author *X-Rays; Health Effects of Common Exams* (1985).

- Malcolm Hancock Enterprises are in Great Falls, Montana.

• Introduction •

(Fr76, pJ85):

"Observation of the populations at risk showed not only no increment in malignant mortality with increasing background, but a consistent and continuous decrement."

• How does my risk-value stated above "square" with their report? Their own Figure 1 demonstrates that in 10 states where they report the *same* average yearly background dose of 135 millirems / year, the annual cancer death-rates range from 125-per-100,000 to 170-per-100,000. Thus the highest cancer-rate is some 36% higher than the lowest rate, without there being any difference at all in average background dose. Their data show a greater cancer-difference at the *same* dose than I say is caused by chronic whole-body exposure to an *extra 100 millirems* per year. Similar ranges in cancer-rates are also shown by their Figure 1 for all states having 125 mrems/yr of background dose, and for all states having 130 mrems/yr.

• Their own data make it clear that something is causing a big variation in cancer-rates at the very same background radiation dose, and it follows logically that the cause of variation within such groups of states is not -- repeat: not -- the natural radiation.

• The observation which completely undermines this study as purported evidence for a harmless dose of radiation is the fact that the unidentified causes of variation are having an effect which is larger even than the cancer-effect which a full 100-millirem-difference in dose would cause, according to my risk-values above. 36% is about twice as great as 16%.

• This fact means that when Frigerio and Stowe compare cancer-rates in states having *different* average background radiation -- but doses which differ by a maximum of only 52 millirems from the lowest group to the highest group (see tabulation below) -- the unknown causes of variation in the cancer-rates necessarily *conceal* the smaller difference in cancer-rate which is simultaneously occurring due to the difference in background dose.

• Such issues are simply elementary when it comes to any scientific search for causality or its absence. Yet Frigerio and Stowe fail to comment on this key finding which lies within their own data. Instead, they incorrectly claim that there is "a consistent and continuous decrement" in cancer mortality as background dose rises. The data below, drawn from their paper, show the claim to be false:

	LOWEST 14 STATES	MIDDLE 22 STATES	HIGHEST 14 STATES
NATURAL BACKGROUND DOSE (MREM/yr)	118	130.4	170
ANNUAL CANCER DEATH-RATE PER 100,000, AGE-ADJUSTED	146.8	155.1	132.2

• Anyone can see that as background dose increases from 118 to 130.4 millirems, the cancer-rates go UP (the exact opposite of the claim by Frigerio and Stowe), and as dose increases from 130.4 to 170 millirems, the cancer-rates go DOWN. There is no consistency.

• It is perhaps worth noting that a *different* relationship is consistent in the three groups of states above: the more physicians per 1,000 persons, the higher the cancer death-rate (Go81, p569).

• "Denver-type" studies are studies which compare the cancer-rates between populations which receive different doses of ionizing radiation from the natural environment. These natural "background" doses vary due to different altitudes and to different concentrations of naturally radioactive elements in the rocks, soil, building-and-paving materials, fertilizers, water, and air (Go81, Chap 18).

• According to one report (Oa72), background doses in 43 U.S. metropolitan areas vary from 60.7 millirems / year (Houston TX) to 164.6 mrem/yr (Denver CO).

• Since Denver's background dose is 2.71 times higher than Houston's, should we expect to find Denver's cancer-rate to be about 2.71 times higher than Houston's? DEFINITELY NOT. Should it be any higher at all? NOT NECESSARILY.

• The key is statement (C) from the introduction. Besides background radiation, other causes of human cancer include:

- (1) other exposures to ionizing radiation for medical, dental, and numerous occupational reasons, and from radioactive pollutants;
- (2) various natural and man-made chemical-products (examples: benzene, kepone, cigarettes);
- (3) various fibres, like asbestos;
- (4) ultra-violet light, with respect to skin cancer;
- (5) inherited genetic injuries whose original causes are unknown;
- (6) possibly certain viruses.

• My own analysis of the cancer-toll caused by low-dose ionizing radiation is this:

THERE OCCURS ABOUT A 16% INCREASE IN THE ANNUAL CANCER-RATE AMONG A POPULATION WHICH RECEIVES AN EXTRA 100 MILLIREMS OF WHOLE-BODY DOSE PER YEAR RATHER STEADILY OVER ITS LIFESPAN (Go81, p567; and many other places).

• But Denver-type studies allegedly mean there is a safe or harmless dose, and therefore allegedly mean that I am wrong (too high) in my analysis of the extra cancer-rate being caused by doses comparable to natural background doses -- and by even lower doses such as fallout-doses from Chernobyl.

• Who is right? I shall use three of the most often-cited Denver-type studies to illustrate the fact that my risk-value which is stated above very clearly is completely compatible with the findings in such studies. There is no contradiction at all. Moreover, it will be clear why Denver-type studies provide no scientifically valid evidence for any harmless threshold-dose of ionizing radiation, with respect to inducing human malignancies.

• The Frigerio Study •

• Frigerio and Stowe (Fr76) compared the average natural background dose in all 50 states of the USA with the Vital Statistics on cancer death-rates per state, and asserted in their abstract

• The key claim cited from the Frigerio-Stowe study is false -- there is just no "consistent and continuous decrement" in cancer mortality as dose rises from background radiation. Nor should we expect any consistency, in view of the unidentified cancer-causes which are having a bigger effect on variation in cancer-rates than the entire dose-difference of 52 millirems (between the lowest and highest groups) is having.

• The Hickey Study •

• When scientists have undertaken studies which are inherently unable to answer their questions, they need to try designing different types of studies. But Denver-type studies reappear nonetheless with nearly predictable regularity in "peer-review journals", and are routinely distorted as evidence for a safe threshold dose of radiation.

• Five years after the Frigerio study, another appeared by Hickey and co-workers (Hic81). These authors claim (p625 of their abstract) that their work "suggests that models implying important long-term deleterious effects of low-levels of ionizing radiation on humans may be invalid," and they claim again (p635 of their conclusions) that their negative bivariate correlations -- the two variables being cancer-rate and background dose of radiation -- "are not compatible with models that assert that all levels of radiation, no matter how low, are damaging."

• Although bivariate correlations can truly be meaningful with respect to causality -- and I have used them many times in my own research -- first you must have a basis for confidence that the populations compared are equivalent in all relevant ways except for the one variable being tested (for example: background dose).

• If you seriously wanted to know whether or not your study is capable at all of detecting a cancer-effect from a difference in background radiation, the first thing you check is whether other variables are important enough to confound the results, to conceal the effect you are claiming to test.

• It is easy to perform this fundamental check on Hickey's study. Of the 43 metropolitan areas of the USA included in his study, 10 are southern (lying below the latitude of 36 degrees), and 10 are in the northeast. When you tabulate Hickey's data by regions (see tabulation below), you discover immediately that confounding variables are having the dominant impact on cancer-rates.

	SOUTH & ALL AREAS EXCEPT NORTH-EAST		
	SOUTH	NORTHEAST	EAST
NATURAL BACKGROUND DOSE (mREMS/yr)	85.10	87.17	87.29
ANNUAL CANCER DEATH-RATE PER 100,000 (1961-1964)	131.54	150.86	185.04

• If background dose were the dominant variable in Hickey's study, the average cancer-rates should all be similar in the tabulation, because average background doses are virtually identical. What is obvious from the tabulation, however, is that cancer death-rates vary enormously at the same average background dose -- the Frigerio "story" all over again. Cancer-rates for those years were 41% higher in the 10 northeastern areas than in the 10 southern areas. This means that variables other than

radiation are certainly important enough in this study to conceal the radiation effect of 16% per 100 millirems / year.

• If we wanted to be utterly irresponsible in making radiation claims, we would say, "Hickey's data show that when the average background dose is reduced by only 2.19 millirems per year, there is a MASSIVE REDUCTION in cancer death-rate."

• But an ancient proverb is right: "A half truth is a whole lie." And deliberate half-truths about important issues like health are assaults against all humanity, because distortions of reality -- by their very nature -- interfere with human insight and welfare.

• Before leaving the Hickey paper, I will relate his data on the lowest and highest background doses, and the lowest and highest cancer-rates (1961-64). No one should expect the tabulation below to show any consistent direction. And it does not.

	mREMS	CA RATE	
Biggest difference in dose:	DENVER, CO	164.6	128.74
	HOUSTON, TX	60.7	123.84
Biggest difference in cancer:	SCRANTON, PA	88.9	212.55
	EL PASO, TX	106.8	87.72

• When results are confounded by other variables, as they are in both the Frigerio and in the Hickey studies, statistical techniques are often devised to try to isolate the contribution of one variable at a time. I have had first-hand experience with "multivariate analysis" in my research on the correlations between various classes of serum lipoproteins and heart disease (Go54).

• Multi-variate statistical equations can often be a powerful tool for revealing cause-and-effect, but they can be exceedingly hazardous and misleading when the set of confounding variables is having a much bigger effect than the single variable which you are trying to isolate. Even when your equations are appropriate, very slight changes in measurements of the confounding variables can reverse the result for the isolated variable from positive to negative, or vice versa. For every type of analysis, "Garbage in, garbage out" is a warning with great merit.

• The China Study •

• Another Denver-type study frequently mentioned as a basis for fallacious "safe dose" conclusions is a study of background doses in China (Hi80; Go81). The effort out of China continues. In 1986, Hofmann and co-workers (Ho86) compared lung cancer-rates in two Chinese populations, one of which allegedly had about twice the lung-dose from natural background radon as the other group. There was no detectable difference in their rates of lung cancer.

• Can one conclude that radiation at those natural dose-rates is harmless? Indeed not. As Victor Archer has pointed out (Ar87), the validity of the Hofmann study depends on the assumption that the populations in the high-dose and low-dose regions were equally stable native populations sharing the equivalent lung cancer risk, except for their different exposure to background radiation.

• Archer demonstrates that the assumption is clearly false. The ratio of males to females was 1.1 in the high back-

ground population, but 2.8 in the low background area. Archer describes this difference as "monumental", and he points out that

"a ratio of 2.8 never occurs in connection with stable populations... This means the control area had a very unstable population, and that much of its population had come from elsewhere."

• Thus the study completely failed to do what it needed to do: compare one population which had spent its lifetime accumulating a lung-dose in a high background area, with a very similar population which had spent its lifetime accumulating a lung-dose in a low background area.

• Instead, the study leaves its readers without the foggiest notion either about the actual lung-dose accumulated by the population in the low-dose region, or about the equivalence of its lung-cancer risk from *other* causes such as smoking, chemical exposures, asbestos exposure, and so forth.

• Conclusion •

• It is strange that Denver-type studies are taken seriously. With the kinds of inherent limits and design-flaws illustrated in this report, they are simply scientifically worthless as evidence for some safe threshold-dose of ionizing radiation or as evidence that my risk-values for low-dose exposures are wrong (too high).

• My own analyses are based on human studies of the type which *can* answer the vitally important questions about cancer-induction by low-dose exposures to ionizing radiation. These well-reputed studies are the same ones published by and cited by the mainstream radiation community. They include the Hiroshima-Nagasaki study, which is *not* primarily a high-dose series; the overwhelming majority of people in that study received radiation exposures in the low-dose range. Such studies support the following conclusions:

(1) *The quasi-official BEIR, ICRP, NCRP, and UNSCEAR radiation committees have provably and seriously underestimated the magnitude of the cancer-risk from low-dose exposures (Go81; Go86a; Go87b; Go87d).*

(2) *The cancer-risk per unit of exposure is provably worse at low doses than at high doses (Go87a).*

(3) *Every additional exposure to ionizing radiation -- even at the lowest conceivable dose-rate -- increases the frequency of cancer in an exposed population (Go81; Go86a; Go86b; Go87c).*

It is sad when Denver-type studies are misused to challenge those conclusions, because when the medical and dental professions and the working public are misled into believing there is a low dose of radiation which is safe, the result is bound to be careless and needless exposure . . . followed over time by millions of miserable and unnecessary cases of cancer and leukemia.

It makes all the difference in the world whether we put truth in the first place, or in the second place.

• -- John Morley (1838 - 1923).

"If you speak the truth, have a foot in the stirrup."

• -- Turkish proverb.

• References •

- Ar87 Archer, Victor 1987.
"Lung Cancer Risk from Rn in Chinese Study," *Health Physics* 52 (June): 823.
- Fr76 Frigerio, N.A. and Stowe, R.S. 1976.
"Carcinogenic and Genetic Hazard from Background Radiation," in *Biological and Environmental Effects of Low-Level Radiation*, 385-393. (Vienna: International Atomic Energy Agency.)
- Go54 Gofman, J.W., Glazier, F., Tamplin, A.R., Strisower, B., DeLalla, O.
"Lipoproteins, Coronary Heart Disease, and Atherosclerosis," *Physiological Reviews* 34 (3) July: 589-607.
- Go81 Gofman, J.W. 1981.
Radiation and Human Health. (San Francisco, CA: Sierra Club Books.)
- Go85 Gofman, J.W. and O'Connor, E. 1985.
X-Rays: Health Effects of Common Exams. (San Francisco, CA: Sierra Club Books.)
- Go86a Gofman, J.W. 1986.
"Assessing Chernobyl's Cancer-Consequences: Application of Four "Laws" of Radiation Carcinogenesis." Paper presented at the National Meeting of the American Chemical Society, Anaheim, California; September 9, 1986.
- Go86b Gofman, J.W. 1986.
"A Disproof of a Threshold Dose for Human Carcinogenesis by Ionizing Radiation." Submitted for publication to *Health Physics*. In the peer-review process.
- Go87a Gofman, J.W. 1987.
"Carcinogenesis by Ionizing Radiation: Supra-Linearity of Dose-Response." Submitted for publication to *Health Physics*. In the peer-review process.
- Go87b Gofman, J.W. 1987.
"Carcinogenesis by Ionizing Radiation: The Whole-Body Cancer-Dose." Submitted for publication to *Health Physics*. In the peer-review process.
- Go87c Gofman, J.W. 1987.
"Health Effects of Ionizing Radiation: Dr. Sagan's Paradigms," *Health Physics* 52 (May): 679-80.
- Go87d Gofman, J.W. 1987.
"Time to Revise Your Lifetime Whole-Body Cancer-Dose." Memo to members of the International Commission on Radiological Protection, August 28, 1987.
- Go87e Gofman, J.W. 1987.
"Did You Write It, Len? Reply to Dr. Sagan," *Health Physics* 53 (December). In press.
- Hi80 High Background Radiation Research Group (China) 1980.
"Health Survey in High Background Radiation Areas in China," *Science* 209: 877-80.
- Hic81 Hickey, R.J., Bowers, E.J., Spence, D.E., Zemel, B.S., Clelland, A.B., and Clelland, R.C. 1981.
"Low Level Ionizing Radiation and Human Mortality: Multi-Regional Epidemiological Studies. A Preliminary Report," *Health Physics* 40: 625-41.
- Ho86 Hofmann, W., Katz, R., and Chunxiang, Z. 1986.
"Lung Cancer Risk at Low Doses of Particles," *Health Physics* 51: 457.
- Oa72 Oakley, D.T. 1972.
"Natural Radiation Exposure in the United States." (Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs.)

Committee for Nuclear Responsibility, Inc.

A non-profit educational organization, since 1971.

Post Office Box 11207

San Francisco, California 94101, USA

Gifts are tax-deductible.

Cancer-Risks from Ingesting Foods and Beverages Contaminated by Cesium-137 and Cesium-134, the Dominant Radionuclides from the Chernobyl Accident.
May 1987 (References are listed on the last page.)

- If a child and an adult ingest the same amount of radioactive cesium, the cancer-risk will be higher for the child for two reasons. First, the younger the person, the more severe is the risk from any dose. Second, the smaller the body, the bigger is the dose from the same ingested quantity. Both factors are incorporated into Tables C, D, E, and F, which were prepared by John W. Gofman, M.D., Ph.D. The tables are derived from Chapters 8 and 12 of his book Radiation and Human Health (Go81). The risk-estimates in that book are well-supported by the latest low-dose evidence from the Hiroshima-Nagasaki study (Pr86), which does not support the much lower risk-estimates published by the United Nations (Un77,82) and the National Academy of Sciences (Nas80).
- Tables C, D, E, and F give each individual's chance (risk) of experiencing a fatal, radiation-induced cancer as a result of ingesting the listed amount of radiocesium at a given age. The use and meaning of the tables are illustrated by four examples which follow them. It has become customary in the computer age to carry many digits so that others may replicate calculations, without such digits implying any particular level of precision. Any entry in Tables C-F with a zero to the left of the decimal is not even one chance in a million.
- Tables C-F will not go out of date. However, the contamination-levels of food will change. The four levels provided in Table B are estimates for the year 1987. If new estimates are provided for subsequent years by the European Parliament or by another source, they can also be used with Tables C-F, which will not change. Tables C-F incorporate the approximation that the body will absorb the cesium (which behaves chemically like potassium) about the same from the digestive system whether it arrives there from milk, water, wine, cheese, meat, fish, bread, pasta, vegetables, or fruits. Therefore Tables C-F are useful whenever you can guesstimate how many Becquerels of radiocesium you are ingesting, regardless of the source.
- The four examples of how to calculate the lifetime risk all use the high end of the highest contamination-level from Table B, so that readers can get a feel for the upper limit on hazard for the ages, diet, and duration illustrated. Readers can readily use the same steps to calculate risk for other ages, diets, durations, and contamination-levels. Dr. Gofman hopes that tourists, residents, and governments will come to realize the importance of the age-factor, which is so clearly illustrated by Examples 1, 2, 3, and 4. It may even be that consumption of badly contaminated reindeer meat by people beyond age 45, on a voluntary and informed basis, would not be the high cancer-risk which it is assumed to be. Such risks can be estimated from Tables C, D, E, and F. We possess no reliable data on reindeer meat, and Table B includes no food measurements from Finland, Norway, or Sweden (only soil deposition). It is also to be noted that Table B lists meat but not specifically fresh-water fish, which were highly contaminated in certain Swiss lakes. Anyone obtaining such measurements can easily estimate the risk by using Tables C-F.
- This report was prepared by Ms. Egan O'Connor and Dr. John Gofman. A year ago, the Committee also published a chart entitled "Frequency of Fatal and Nonfatal Thyroid Cancers from Children's Consumption of Milk and Water Contaminated by Iodine-131." The radioactive half-life of I-131 is about 8 days; Cs-137, 30.2 years; Cs-134, 2.3 years.

Committee for Nuclear Responsibility, Inc.

A non-profit educational organization, since 1971

POB 11207

San Francisco, CA 94101, USA

415 / 776-8299

Gifts are tax-deductible.

J.W. Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California, Berkeley; Director (1963-69) of the Biomedical Division of the Livermore National Laboratory; author of Radiation and Human Health (1981); co-author of X-Rays: Health Effects of Common Exams (1985).

A

Table A. Abbreviations and Conversions.

Bq means Becquerel. **PCi** means picocurie (one trillionth of a curie).

A Becquerel is bigger than a picocurie.

There are 27 PCi per (one) Becquerel. There is 0.03704 Bq per (one) picocurie.

Kg means kilogram. A kilogram is bigger than a pound.

There are 2.2 pounds per (one) kilogram. There is 0.4538 Kg per (one) pound.

Liters (l) and quarts are nearly the same.

There are 1.057 quarts per liter. There is 0.946 liter per quart.

Rules to convert a risk like "143 per million" to "1 chance in (?)".

Any number divided by itself equals 1.0 (one).

Any fraction keeps its original value when you divide both the top and the bottom by the same number.

Anytime you see the word "per", you can replace it with a dividing line.

So the risk "143 per million" is the fraction 143 / 1,000,000. When you divide its top and bottom each by 143, you get 1 / 6,993, or one chance per (in) 6,993.

B

Table B. Four Levels of Contamination by Cesium-137.

Everything in the table below comes from a March 1987 report of the European Parliament (Ep87) except for the listed countries with asterisks. Countries with asterisks were added by using the soil contamination table from Dr. Gofman's ACS paper (Go86, p52). The number associated with each listed country refers to its contamination-level. The cesium-137 content of foods refers to the range expected during the year 1987, according to the E.P. report. In addition, the E.P. report estimates that during 1987, contamination by cesium-134 will be about half the level (in Becquerels) of cesium-137.

Contamination Level	Soil, Bq / meter ²	Baby-food, Bq/Kg; milk, Bq/l	Milk, Bq / liter	Meat, Bq / Kg	Plants, Bq / Kg
(1)	up to 100	0.2 - 2	0.5 - 5	5 - 15	0.5 - 2
(2)	100 to 1000	0.5 - 5	2 - 10	10 - 25	1 - 5
(3)	1000 to 10000	1 - 10	5 - 25	20 - 50	1 - 5
(4)	over 10000	2 - 10	10 - 50	40 - 50	2 - 10

Albania*-2; Austria*-3; Belgium-1; Bulgaria*-3; Czechoslovakia*-3; Denmark-2; Finland*-4; France-2&3 in parts; Germany West-3&4 in parts; Germany East*-4; Greece-4 in parts; Hungary*-3; Ireland-3 in parts; Italy-3&4 in parts; Luxembourg-3 in parts; Netherlands-3 in parts; Norway*-3; Poland*-4; Romania*-4; Spain-1; Sweden*-4; Switzerland*-4; United Kingdom-2&3 in parts; Ukraine*-4; Byelorussia*-4; Moldavia*-3; Baltic Republics*-3; Yugoslavia*-3.

• **EXAMPLE #1: TEENAGE TOURIST** •

QUESTION: Our 15-year-old daughter is visiting Kiev and Moscow this summer for six weeks. What will be her cancer-risk from what she eats and drinks there?

STEP 1, Diet: First you must estimate how much she eats and drinks per day. The following diet will not be applicable to everyone. Also, water will be less contaminated than milk.

Milk: 3 glasses per day, or 0.75 quart per day, times 42 days = 31.5 qts or about 31.5 liters.

Meat & fish: (0.5 pound/day) x (42 days) x (0.4538 Kg/pound) = 9.53 Kg.

Plants & grain: (1.0 pound/day)(42 days)(0.4538 Kg/pound) = 19 Kg.

STEP 2, Bq. of Cesium-137 Ingested (from Table B): For Soviet food, use the high end of the contamination-ranges from Table B unless you are provided with other figures which you believe.

Milk: (31.5 liters) x (50 Bq/liter) = 1,575 Bq.

Meat & fish: (9.53 Kg) x (50 Bq/Kg) = 476 Bq.

Plants & grain: (19 Kg) x (10 Bq/Kg) = 190 Bq.

Total Bq. of cesium-137 ingested during visit = 2,241 Bq.



Tables C, D, E and F. Lifetime Chance of Fatal, Radiation-Induced Cancer, Expressed As Risk per Million, from Ingestion of Radiocesiums.

Age	<u>Table C</u>		<u>Table D</u>		<u>Table E</u>		<u>Table F</u>	
	From Cesium-137 Ingestion		From Cesium-134 Ingestion		From Cesium-137 Ingestion		From Cesium-134 Ingestion	
	1 Bq.	1000 Bq.	1 Bq.	1000 Bq.	1 Bq.	1000 Bq.	1 Bq.	1000 Bq.
	Males		Males		Females		Females	
1	0.141017	141.0174	0.195697	195.6976	0.147	147	0.204	204
2	0.127482	127.4821	0.176914	176.9140	0.117093	117.0931	0.162496	162.4965
3	0.104587	104.5876	0.145142	145.1420	0.097507	97.50753	0.135316	135.3165
4	0.088725	88.72543	0.123129	123.1291	0.083830	83.83064	0.116336	116.3364
5	0.077902	77.90232	0.108109	108.1093	0.072181	72.18197	0.100170	100.1709
10	0.037295	37.29546	0.051756	51.75697	0.031087	31.08791	0.043142	43.14241
15	0.010013	10.01378	0.013896	13.89668	0.008663	8.663083	0.012022	12.02223
20	0.007142	7.142763	0.009912	9.912406	0.007163	7.163090	0.009940	9.940615
25	0.006569	6.569016	0.009116	9.116186	0.006816	6.816375	0.009459	9.459459
30	0.005649	5.649017	0.007839	7.839453	0.006026	6.026001	0.008362	8.362614
35	0.004038	4.038461	0.005604	5.604395	0.004301	4.301479	0.005969	5.969400
40	0.002461	2.461395	0.003415	3.415813	0.002696	2.696116	0.003741	3.741550
45	0.001073	1.073427	0.001489	1.489655	0.001214	1.214589	0.001685	1.685552
50	0.000098	0.098481	0.000136	0.136668	0.000117	0.117345	0.000162	0.162846
55	0.000067	0.067534	0.000093	0.093721	0.000081	0.081822	0.000113	0.113549

STEP 3, Bq. of Cesium-134 Ingested: The food is also contaminated with cesium-134. The European Parliament report (Ep87) is estimating the ratio in food during 1987 is 1 part Cs-134 to 2 parts Cs-137. One can use that ratio for the USSR too. Therefore, multiply the Becquerels of cesium-137 from Step 2 by 0.5: (2,241 Bq) x (0.5) = 1,120 Bq.

STEP 4, Lifetime Risk of Radiation-Induced Cancer from Ingestion during the Visit (Tables E and F):

The tables give the risk from ingesting one Becquerel or 1,000 Becquerels (which is a kilobecquerel, or KBq). If we use the entries for one Bq., we simply multiply the appropriate entries (for age and sex) by the number of Becquerels straight from Steps 2 and 3.

Cs-137: Risk from Table E: (0.008663 / million per Bq)(2,241 Bq) = 19.41 / million.
 Cs-134: Risk from Table F: (0.012022 / million per Bq)(1,120 Bq) = 13.46 / million.
 Sum from adding the two fractions = 32.87 / 1,000,000
 Divide top and bottom each by 32.87 (Table A rule) = 1 / 30,423

ANSWER: Her cancer-risk from ingestion during the trip is 1 chance in 30,423.

● EXAMPLE #2: TEENAGE RESIDENT ●

Example #1 provides a "ballpark" estimate for a 6-week visit. If the same teenager were to live there for 52 weeks/year, she would have a lifetime cancer-risk from ingestion during 1987 which is higher by a factor of (52 / 6), or 8.66 times. When you multiply the risk of 32.87 per million from Example #1 by 8.66, it becomes 285 per million, or 1 chance in 3,509 from that one year's ingestion.

Probably Ukrainians eat less meat and fish. On the other hand, Examples #1 and #2 ignore reports that soil in parts of the Ukraine transfer cesium to food very much more efficiently than anywhere else in the world. Also, the risk from water and other beverages is omitted.

● EXAMPLE #3: AGE 40, the Mother ●

Suppose the mother of the teenage resident is age 40 during 1987. If her diet is the one described in Example #1, we can begin with Step 4.

Cs-137 risk from Table E from 1 Bq. (0.002696 / million per Bq)(2,241 Bq) = 6.04 / million.
Cs-134 risk from Table F from 1 Bq. (0.003741 / million per Bq)(1,120 Bq) = 4.19 / million.
Sum of risk per 6 weeks. 10.23 / million.
Risk per 52 weeks. (52 wks / 6 wks) x (10.23 / million) = 88.66 / million.

Since the daughter's risk is 285 per million, the mother's risk is a factor of (285 / 88.66) or 3.2 times lower than the daughter's.

● EXAMPLE #4: AGE 50, the Uncle ●

Suppose the uncle of the teenage resident is age 50 during 1987. Suppose that he eats twice as much plant-food as the teenager. What is his cancer-risk from ingestion during 1987?

STEP 1, Diet: Milk: (0.75 liter/day)(365 days) = 273.75 liters/year.
Meat & fish: (0.5 pound/day)(365 days)(0.4538 Kg/pound) = 82.82 Kg/year.
Plants & grain: (2 pounds/day)(365 days)(0.4538 Kg/pound) = 331.27 Kg/year.

STEP 2, Bq. of Cesium-137 Ingested (from Table B):
Milk: (273.8 liters)(50 Bq/liter) = 13,690 Bq.
Meat & fish: (82.82 Kg)(50 Bq/Kg) = 4,141 Bq.
Plants & grain: (331.3 Kg)(10 Bq/Kg) = 3,313 Bq.
Total Bq. of cesium-137 ingested during 1987 = 21,144 Bq.

STEP 3, Bq. of Cesium-134 Ingested: The sum from Step 2 times (0.5) = 10,572 Bq.

STEP 4, Lifetime Risk of Radiation-Induced Cancer from Ingestion during 1987 (Tables C and D):

Cs-137: Risk: (0.000098 / million per Bq) x (21,144 Bq) = 2.07 / million.
Cs-134: Risk: (0.000136 / million per Bq) x (10,572 Bq) = 1.44 / million.
Sum from adding the two fractions = 3.51 / 1,000,000
Divide top and bottom each by 3.51 (Table A rule) . . . = 1 / 284,900, or 1 chance in 284,900.
Compared with his niece in Example #2, whose comparable risk was 285 / million, the uncle's risk of 3.51 / million is (285 / 3.51) or 81 times lower. Age matters.

● References ●

Ep87 European Parliament Session Documents, Series A, Document A2-5/86, 27 March 1987, Report Drawn Up on Behalf of the Committee on the Environment, Public Health, and Consumer Protection, on the Problem of Contamination of Foodstuffs Following the Chernobyl Disaster, by Mrs. Undine Bloch von Blottnitz.

Go81 Gofman, John W., 1981, Radiation and Human Health (San Francisco, CA: Sierra Club Books).

Go86 Gofman, John W., 1986, "Assessing Chernobyl's Cancer Consequences: Application of Four 'Laws' of Radiation Carcinogenesis", paper presented at the Symposium on Low-Level Radiation, National Meeting of the American Chemical Society, September 9, 1986.

Na80 National Academy of Sciences, Com'tee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR), 1980, The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiations (Washington, DC: National Academy of Sciences).

Pr86 Preston, D.L., Kato H., Kopecky K.J. and Fujita S., 1986, Life Span Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality among A-bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982, RERF Technical Report 1-86 (Hiroshima City 732, Japan: Radiation Effects Research Foundation).

Un77,82 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 1977 and 1982, Sources and Effects of Ionizing Radiation, and Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects (New York, NY: United Nations).

"I Always Tell My Patients . . ."

True Comparisons Between X-Ray Exams and Airplane Trips.

John W. Gofman, M.D., Ph.D. October, 1987

• A few weeks ago, I was introduced to a physician in a hallway of a large hospital center, just before I was to give a lecture to the medical staff. When he was told by the host that I was going to talk about X-ray doses, he volunteered the information that many of his patients receive angiocardigrams, and "I always tell them that the radiation dose is about the same as the extra dose from flying across the country!"

• I was not surprised. It appears that, whatever the X-ray exam may be, physicians and dentists use the identical line. Exams of the spine, the heart, the breasts, the hip, the teeth -- one line fits all. But few patients and parents seem to believe it

anymore. Countless times, I have been asked, "Is it true?"

• It is almost never true. As the table below indicates, on the average, an X-ray exam is the equivalent of more than 90 roundtrip coast-to-coast airplane flights.

• The "risk-ratio" tells how many times higher the cancer-risk is from the X-ray exam than from the coast-to-coast roundtrip by air. The ratios below are correct no matter whose risk-analysis one accepts. The reason and the basis for the table are provided on the reverse side. It should be noted that, for a few exams (those with a ratio below 1.0), the risk of radiation-induced cancer is less from the exam than from the trip.

COMMON X-RAY EXAM	FEMALE'S RISK RATIO	MALE'S RISK RATIO
ANGIOCARDIOGRAM	* 190.8	160.3
ANKLE INCL. FOOT	0.4	0.5
BARIUM ENEMA	** 175.9	227.6
BARIUM SWALLOW	** 60.1	33.6
CELIAC (LIVER) ANGIOGRAPHY	* 1043.8	1432.7
CEREBRAL ANGIOGRAPHY	* 117.8	195.1
CERVICAL SPINE	6.4	11.1
CHEST	3.8	2.1
CHOLECYSTOGRAM (GALLBLADDER)	23.8	21.9
CYSTOGRAM (BLADDER)	66.2	89.2
DENTAL FULL-MOUTH (16 FILMS)	16.8	31.6
DENTAL SINGLE FILM	1.1	3.2
ELBOW	0.1	0.1
FALLOPIAN TUBES	** 84.6	
FEMUR (THIGH BONE)	0.5	1.2
FOREARM	0.1	0.1
FULL SPINE, CHIROPRACTIC	64.2	48.6
HIP	17.9	21.6
HUMERUS (UPPER ARM BONE)	3.5	0.6
I.V.P. (INTRAVENOUS PYELOGRAM)	195.1	266.7
KNEE	0.4	0.5
K.U.B. (KIDNEY-URETER-BLADDER)	37.8	53.8
LOWER LEG BONES	0.4	0.5
LUMBAR SPINE	116.5	139.6
LUMBO-SACRAL SPINE	120.0	156.7
MAMMOGRAPHY (FILM-SCREEN METHOD)	26.9	
MAMMOGRAPHY (XEROX METHOD)	73.9	
PELVIS	15.4	25.5
PULMONARY ARTERIOGRAPHY	* 604.8	254.9
RENAL (KIDNEY) ANGIOGRAPHY	* 76.7	112.5
RIBS	49.1	31.4
SCAPULA	4.0	0.7
SHOULDER	3.1	0.5
SKULL	9.5	18.5
SMALL BOWEL	** 120.1	168.0
THORACIC (UPPER) SPINE	66.5	36.1
UPPER GASTRO-INTESTINAL SERIES	** 64.0	85.2
WRIST, INCL. HAND	0.1	0.1
AVG = 91	AVG = 104	

* RATIOS INCLUDE THE CANCER-RISK FROM THE FLUOROSCOPIC PART OF THE EXAM.
** RATIOS WOULD BE EVEN HIGHER IF THE FLUOROSCOPY WERE INCLUDED (IT IS NOT).

• -- The Airplane Dose -- •

• The extra radiation dose which passengers receive from commercial flying is quite predictable. Dose-rates are higher near the pole, and lower near the equator (Un77). For flying between the east and west coasts of the USA, the dose-rate is about 0.3 millirems of whole-body exposure per hour of flying, or about 3.0 millirems of whole-body dose per ten-hour roundtrip (Un77).

• -- The X-Ray Dose -- •

• By contrast, the dose which a patient receives from a diagnostic X-ray exam (either dental or medical) depends on who

is giving it. Doses at some careless places are even 100 times higher than at the most careful places -- for the same exam (Ke80). As Dr. Joel Gray of the Mayo Clinic has said about offices which won't tell patients the dose:

"My feeling is that if they won't tell you, they don't know, and if they don't know, they could be among the facilities delivering a hundred times the necessary dose" (Gr84).

• According to Dr. Kenneth Taylor, a hands-on expert in the techniques of reducing diagnostic doses, typical X-ray doses are 3 to 10 times higher than they need to be (Ta79; Ta83; also Ki87). With respect to X-rays of the upper spine, so commonly used during treatment of teenage girls with curvature of the

spine. Nash and colleagues have developed techniques to reduce the radiation to the breasts by 28-fold (Na79), and subsequent work by Gray and colleagues reduced the breast-dose -- and thus the risk of radiation-induced breast cancer -- by 69-fold (Gr83). Unfortunately, such techniques are not used everywhere.

• For the table on the reverse side, the risk-ratios are based on the doses typically given for specific exams in the USA, as determined by national surveys and extensive measurements (Ke80; provided also in Go85). So, when a patient receives an X-ray dose 3 times higher than the typical dose, the risk-ratio in the table needs to be multiplied by 3. Likewise, the ratio needs to be divided by 3 if the X-ray dose is 3 times lower than the typical dose for that exam.

• -- The Comparison or Risk-Ratio -- •

• No diagnostic X-ray exam gives a radiation dose to the entire body. Dental X-rays expose only a small section. During mammography, only the breasts receive an appreciable radiation dose. Even exams of the upper or lower spine do not expose the whole body. Then how is it possible to compare partial-body exposure during an X-ray exam with exposure of the entire body during an airplane trip?

• It is *not* possible to compare partial-body and whole-body doses directly. Anyone can see that there is a much greater chance of radiation-induced cancer if every organ receives (for example) 100 millirems of dose than if just a few organs each receive 100 millirems of dose.

• The only valid way to compare X-ray exams and airplane trips is to calculate their cancer-risks separately, and then to compare their risks (not their doses). All the necessary work and calculations have been done and the method explained (Go85). The risk-ratios provided on the reverse side are all taken directly from the risk-tables of that book, plus the bottom lines of Tables A and B of Chapter 21.

• -- Other Opinions -- •

• Suppose someone believes that the cancer-hazard from diagnostic X-rays is two times less severe than my analysis indicates (Go85). Such a person can, nevertheless, accept the risk-ratios of X-ray exams vs. the airplane trip, because the cancer-risk from the airplane trip and from the X-ray exam would each be 2 times lower. This means that the *ratio* of the risks would remain exactly the same. If an exam, for instance, is 60 times more hazardous than the trip in terms of extra cancer-risk, the relative risk does not change at all when each risk is divided by 2.

• -- A Major Break-Through -- •

• The idea that "experts disagree" about the magnitude of the cancer-risk from ionizing radiation is about as solid as the idea that an X-ray exam is the equivalent of one roundtrip flight across the USA.

• The radiation committees such as UNSCEAR, BEIR, NCRP, and the ICRP have never managed to refute my analyses of the cancer-risk (Go72; Go81; Go85; Go86; Go87). There has been no *scientific debate* going on, in the customary sense of that term. On the contrary, the radiation research community is steadily reaching the same conclusions I did -- one aspect at a time (Be80; Ka82; Nih85; Pr86; To82; Wa83).

• An important center of research is the Radiation Effects Research Foundation, which is sponsored in part by the U.S. government and by the Japanese. The analysis in its most recent report on the human evidence concedes (Pr87, p35) that the principal international radiation committee -- UNSCEAR, the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Un82) -- has been severely understating the cancer-risk from ionizing radiation by *about 16-fold*. In other words, the new R.E.R.F. evaluation of risk is very close indeed to mine. The R.E.R.F. report is a major breakthrough for radiation realism.

• The 'bottom line' for physicians, dentists, patients, and parents alike, is that it is important to avoid careless X-ray over-dosing (Sch86). Offices which measure their doses, and pay attention to getting the most diagnostic information with the least possible radiation exposure, deserve to have people's confidence and the resulting competitive edge.

• -- References -- •

- Be80 Beebe, G.W., 1980. "What Knowledge Is Considered Certain Regarding Human Somatic Effects of Ionizing Radiation?" Issue Paper #1, delivered at the National Institutes of Health, Bethesda, Maryland; March 11, 1980.
- Go72 Gofman, J.W., Gofman, J.D., Tamplin, A.R., Kovich, E., 1972. "Radiation As an Environmental Hazard," in *Environment and Cancer*, pp157-86; papers presented at the 24th Annual Symposium on Fundamental Cancer Research, 1971, at the University of Texas, M.D. Anderson Hospital and Tumor Institute at Houston, (Baltimore, MD: Williams and Wilkins.)
- Go81 Gofman, J.W., 1981. *Radiation and Human Health*. (San Francisco, CA: Sierra Club Books.)
- Go85 Gofman, J.W., and O'Connor, E., 1985. *X-Rays: Health Effects of Common Exams*. (San Francisco, CA: Sierra Club Books.)
- Go86 Gofman, J.W., 1986. "Assessing Chernobyl's Cancer-Consequences: Application of Four 'Laws' of Radiation Carcinogenesis," paper presented at the Symposium on Low-Level Radiation, 192nd National Meeting of the American Chemical Society, Anaheim, California, Sept. 9, 1986.
- Go87 Gofman, J.W., 1987. "Carcinogenesis by Ionizing Radiation: The Whole-Body Cancer-Dose," submitted for publication to *Health Physics*. In the peer-review process.
- Gr83 Gray, J.E., Hoffman, A.D., Peterson, H.A., 1983. "Reduction of Radiation Exposure During Radiography for Scoliosis," *Journal of Bone and Joint Surgery 65-A*: 5-12.
- Gr84 Gray, J.E., 1984. In "Everyday Radiation" by Elisabeth Rosenthal, *Science Digest*, March 1984, p96.
- Ka82 Kato, H. and Schull, W.J., 1982. "Studies of the Mortality of A-Bomb Survivors 1950-1978: Cancer Mortality," *Radiation Research 90*: 395-432.
- Ke80 Kereziakes, J.G., and Rosenstein, M., 1980. *Handbook of Radiation Doses in Nuclear Medicine and Diagnostic X-Ray*. (Boca Raton, FL: CRC Press Inc.)
- Ki87 Kircos, L.T., Angin, L.L., and Lorton, L., 1987. "Order of Magnitude Dose Reduction in Intraoral Radiography," *Journal of the American Dental Assn 114*: 344-7.
- Na79 Nash, C.L., Gregg, E.C., Brown, R.H., and Pillai, K., 1979. "Risks of Exposure to X-Rays in Patients Undergoing Long-Term Treatment for Scoliosis," *Journal of Bone and Joint Surgery 61-A*: 371-4.
- Nih85 National Institutes of Health, 1985. *Report of the NIH Ad Hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables*, NIH Publication 85-2748, Jan. 4, 1985. (Washington, DC: U.S. Dept. of Health and Human Services.)
- Pr86 Preston, D.L., Kato, H., Kopecky, K.J., Fujita, S., 1986. "Lifespan Study Report 10, Part 3, Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982," *Radiation Effects Research Foundation Technical Report 1-86*. (Hiroshima, Japan: RERF.)
- Pr87 Preston, D.L., and Pierce, D.A., August 1987. "The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors," *Radiation Effects Research Foundation Technical Report 9-87*. (Hiroshima, Japan: RERF.)
- Sch86 Schaffer, D. and Herbert, S., 1986. Derace Schaffer, M.D., and Steven Herbert, M.D., are two radiologists who think all individuals have a need and a right to know their radiation doses. They have developed a service which makes it easy for people to measure their doses during dental and medical X-rays, as well as their doses from the environment. Details from them at Personal Monitoring Technologies, 88 Elm Street, 4th floor, Rochester, New York 14604.
- Ta79 Taylor, K.W., Part, N.L., Johns, H.E., 1979. "Variations in X-Ray Exposures to Patients," *Journal of the Canadian Assn. of Radiologists 30*: 6-11.
- Ta83 Taylor, K.W., 1983. "Diagnostic Radiology," Chapter 16 in *The Physics of Radiology, Fourth Edition*, edited by H.E. Johns and J.R. Cunningham. (Springfield, IL: C.C. Thomas.)
- To82 Tokunaga, M., Land, C.E., Yamamoto, T., Asano, M., Tokuoka, S., Ezaki, H., Nishimori, I., Oct. 23, 1982. "Breast Cancer in Japanese A-Bomb Survivors." *Lancet ii*: 924.
- Un77 UNSCEAR, 1977. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, report of the U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (New York: United Nations.)
- Un82 UNSCEAR, 1982. *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects*, report of the U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (New York: United Nations.)
- Wa83 Wakabayashi, T., Kato, H., Ikeda, T., and Schull, W.J., 1983. "Studies of the Mortality of A-bomb Survivors. Report 7, Part III, Incidence of Cancer in 1959-1978, Based on Tumor Registry, Nagasaki." *Radiation Research 93*: 112-46.

Committee for Nuclear Responsibility, Inc.

A non-profit educational organization, since 1971

Post Office Box 11207

San Francisco, California 94101, USA

Gifts are tax-deductible.

J.W. Gofman is Professor Emeritus of Medical Physics at the University of California at Berkeley; Director (1963-69) of the Biomedical Division of the Livermore National Laboratory; author of *Radiation and Human Health* (1981) and co-author of *X-Rays: Health Effects of Common Exams* (1985).

ANNEX 6

L'ACCIDENT DE TXERNÒBIL:

els models basats en ordinadors i la crua realitat

- "Tracking the cloud from Txernobil"

H.ApSimon, J.Wilson, Environmental Safety Group
Department of Mechanical Engineering, Imperial
College of Science and Technology, London

- "The Rad-dosed reindeer"

D.MacKenzie.

Tracking the cloud from Chernobyl

All over Europe, people are worried about the radioactive fallout from the reactor at Chernobyl. Now a group at Imperial College is applying a computer model to make sense of what happened and to reconcile sometimes contradictory measurements

Helen ApSimon and Julian Wilson

IN THE AFTERMATH of the accident at the Chernobyl nuclear power station, many scientists are studying how the radionuclides released from the reactor's core dispersed across Europe and became deposited on the ground. A group of us in the department of mechanical engineering at Imperial College have developed a computer model, MESOS, specifically to study the transport of pollutants in the atmosphere over very large distances. In the past, we have applied this model to study the potential consequences of hypothetical accidents at nuclear power plants in neighbouring countries. Now we have used it to estimate where the radioactivity from Chernobyl went.

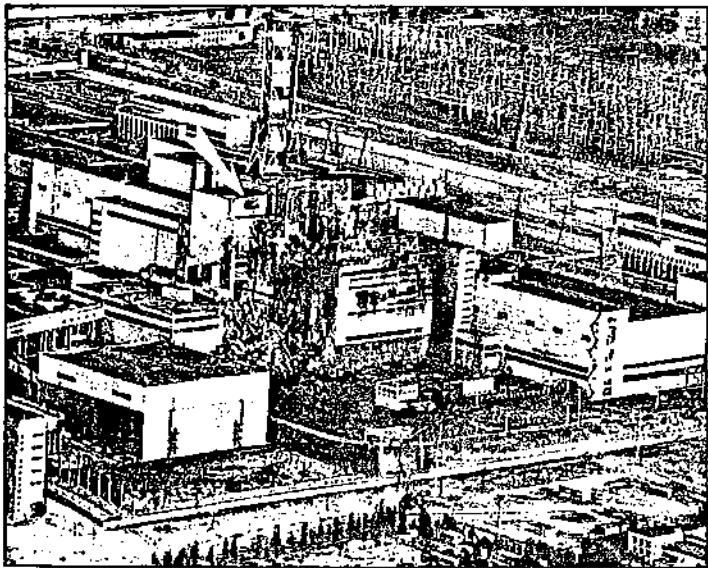
At first sight, retrospective modelling may seem a pointless exercise once scientists have observed and monitored the passage of the cloud. However, this sort of analysis is extremely valuable if we want to understand fully how the accident has affected our environment. The authorities can use the results of such analysis to help them to decide where to concentrate measurements of radioactivity, and to guide their decisions on measures such as controlling the import of foodstuffs from parts of Europe or the British government's more localised action of banning the movement and slaughter of lambs.

In addition, the measurements of radioactivity that have been made throughout Europe in the aftermath of the accident at Chernobyl are not always consistent or easily comparable. By combining measurements and modelling, we can carry out something akin to an autopsy on what happened outside the Ukraine. Our analysis can provide information on how much radioactivity was released, what sort of material came out from the reactor core, and where subsequent contamination occurred.

It rained heavily in various parts of Europe while the radioactive cloud from Chernobyl passed over. Rain scavenges radioactivity out of the cloud, causing enhanced contamination of the ground. Because our model can take account of data on the weather at the time of the release and

during the radioactivity's subsequent journey, we can work out where the cloud encounters rain, and so predict where "hot spots" are likely to occur. We can then deduce the total amount of radioactive material that became deposited over Europe. This estimate, together with calculated concentrations of radioactivity in air, provides a rational and scientific basis for estimating the resulting total dose which could result to the European population. Except in a few areas where the authority has introduced measures to reduce doses, and in the USSR, these estimated doses will be very low. In the aftermath of such an accident, people are always concerned about the possible effects on their health, including the likelihood that members of the general public may contract cancer. Newspapers and broadcasting media in the West have published much irresponsible speculation with little scientific foundation. Only by obtaining a complete and accurate picture of contamination across the many small countries of Europe can we properly address such issues.

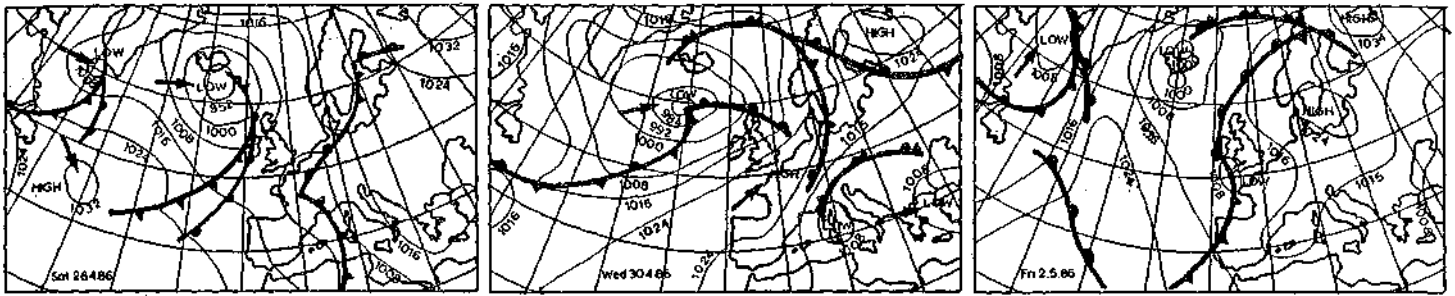
The accident and explosion at the Chernobyl plant took place just after 0100 hours local time on Saturday, 26 April, or 2100 hours GMT on 25 April. The USSR reported that the bulk of the release of radioactivity from the reactor's core had effectively finished by Wednesday, 30 April. We cannot be sure about the pattern of release over the intervening four days. Inside the reactor's core, there would have been a mixture of different fission products, activation products and heavy nuclides. Some of the fission products are noble (chemically inert) gases and it is likely that they would have escaped first. The most important of these gases is xenon-133 (which was also the dominant nuclide released from the accident at Three Mile Island in the US in 1979). For the purposes of our computer model, we have assumed that all the noble gases in the reactor's core would have come out within the first few hours. Because these gases are chemically inert and insoluble, they do not deposit on the ground or enter food chains. However, anyone out in the open as the cloud passed overhead would be directly



We know where the radioactivity came from, but where did it go and how much actually got out?



Sensible decisions about public health can be made only by using a model, such as MESOS, to interpolate between measurements



The weather at the time of the accident was unusual. The plume rose high and was carried far away, to fall first upon Scandinavia

irradiated by this external source. This effect probably contributed to the observed gamma radiation in the early part of the release which, according to some newspaper reports, a Finnish soldier was the first to detect on 27 April.

Although the chain reaction in the reactor shut down in the first seconds of the accident, a vast amount of heat would still have been generated not only by the shut-down core but also by the fire in the graphite moderator. The resulting high temperatures would cause the release of the more volatile fission products such as iodine-131 and caesium-137. These fission products emit beta and gamma radiation. Apart from some iodine-131 that would come off as vapour, these radionuclides would mainly be in the form of fine particles.

The characteristics of the radionuclides differ greatly. For example, iodine-131 has a half-life of 8 days. If someone inhales iodine-131 or consumes food or water contaminated by it, it can become concentrated in the thyroid gland. If people likely to be exposed to radioactive iodine by these routes take tablets of stable non-radioactive iodine, they can swamp the thyroid with normal iodine, thus diluting the amount of radioactive iodine that they absorb. Naturally, such tablets, like other ameliorative actions, need to be taken promptly. Caesium-137, by contrast, is much more persistent. It has a half-life of 30 years, and it can contaminate surfaces, soils and foodstuffs for a long time.

By comparing the contamination over areas of Europe that resulted from radioactivity released on different days, we can use our model to deduce a pattern of releases that is consistent with the measurements. Our initial analysis assumes that the

reactor released fission products such as iodine-131 and caesium-137 at a fairly constant rate over the weekend of 26 and 27 April, and that the rate of release then decreased fairly steadily until 30 April. No significant amounts of actinides (the long-lived heavy elements such as curium, plutonium and neptunium) fell over Western Europe. However, some large particles, or fragments of fuel, containing such alpha-emitting heavy nuclides may have been released from the extensively damaged reactor. These particles would mainly have settled to the ground after they had travelled relatively short distances. There have been recent reports that the USSR is spraying large areas near the stricken plant. These measures may be efforts to prevent radioactive particles being stirred up by local winds and once more becoming suspended in the air.

The heat of the core would also have helped the radioactive plume to rise high above the reactor site before dispersing downwind, just as smoke rises above a hot chimney top. It is difficult to be precise as we do not know how much heat the fire at the reactor generated, but it is likely that the plume rose between several hundred and a thousand metres over the site. The plume probably did not penetrate directly the temperature inversion, which then existed at a height of 3000 metres. A temperature inversion exists when a layer of warmer air overlies a layer of cooler air. The cooler air tends not to mix with the warmer air above it, so the temperature inversion acts as a ceiling on vertical dispersion of the rising from the reactor. Nonetheless, thunderstorms may intermittently have "punctured" the inversion carrying polluted air up to heights of 10 kilometres.

1: How the computer model works

THE MODEL we have used at the Imperial College of Science and Technology to study the release from Chernobyl was developed under contracts from CEA/Euratom and the EEC. We have applied the model statistically in the past to study how hypothetical accidents might spread radioactivity into neighbouring countries.

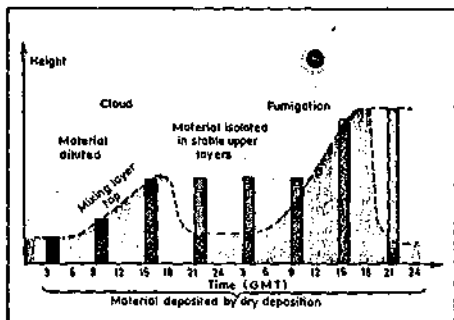
To simulate the dispersal of a radioactive cloud, we divide the release into 3-hour periods. We then track, in detail, puffs of

material released at the beginning and end of each 3-hour period, across the map according to the evolving meteorological situation. We assume that material released in between fans out between these trajectories, contaminating the area in between. We deduce the trajectories from analysed observations of surface pressure taken at 3-hourly intervals. This analysis is similar in principal to deducing

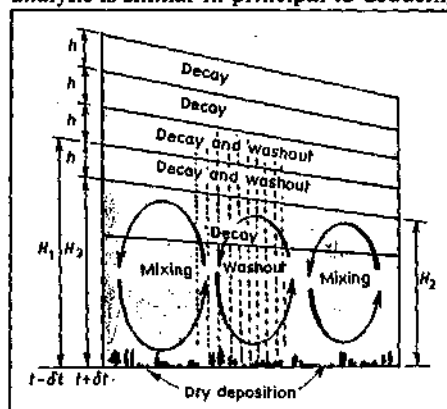
the pattern and strength of the winds from isobars on a meteorological chart.

The model uses routine data from weather stations in the international network. Along each trajectory, the way that the radioactivity spreads and is depleted depends on how meteorological conditions vary, including the effects of the diurnal cycle of heating by the sun during the day, followed by cooling at night. Deposition onto surfaces, from contaminated air and by the scavenging effect of rain on the radioactive cloud, depends on the chemical and physical form of the radionuclides.

We deduce rainfall from routine reports of "present weather" that indicate the type of precipitation. The model smoothes out the occurrence of rainfall over grid cells with an area of 10 000 square kilometres. In practice, however, rainfall will sometimes be extremely patchy, on a scale of a few kilometres. In the case of Chernobyl, local hotspots of high contamination are closely associated with cells of intense rain during the passage of the radioactive cloud, which we can deduce in England from the radar operated by the Meteorological Office.



A temperature inversion acts as a ceiling to upward mixing of the plume



Rain causes "wet deposition", but gravity also brings the radioactivity to Earth

or so. The pattern of winds at this height may be quite different from that of those that blow close to the Earth's surface. Although subsequent rain would carry much of the radioactivity to the ground, the winds at these heights would carry some of it further afield. This route may have accounted for the detection of radioactivity in Japan within a few days.

Normally, we might have expected the temperature inversion to be only about 1 kilometre high, or less. But on this occasion, there was a deeper than usual layer through which the pollutants could mix below the inversion. The combination of the height of the temperature inversion and the height attained by the hot release would have helped to reduce levels of contamination close to the source. We do not know what arrangements the Soviet authorities made to measure radioactivity in the vicinity of the plant. The initial explosion may well have destroyed monitoring equipment within and around the building that housed the reactor. In Britain, we have monitoring systems both on and outside the sites of our reactors. A ring of gamma detectors around each power station, at a distance of one or two hundred metres, can instantly pick up enhanced levels of gamma radiation and indicate how release from a British reactor varied in time. Other detectors in the surrounding environment and mobile vans equipped with monitoring equipment would also provide additional measurements if an accident should occur. But in the case of Chernobyl, no such data have been made available. In order to deduce how much of the important nuclides the accident released, we need to study measurements from further afield, outside the USSR.

Route the radioactivity took

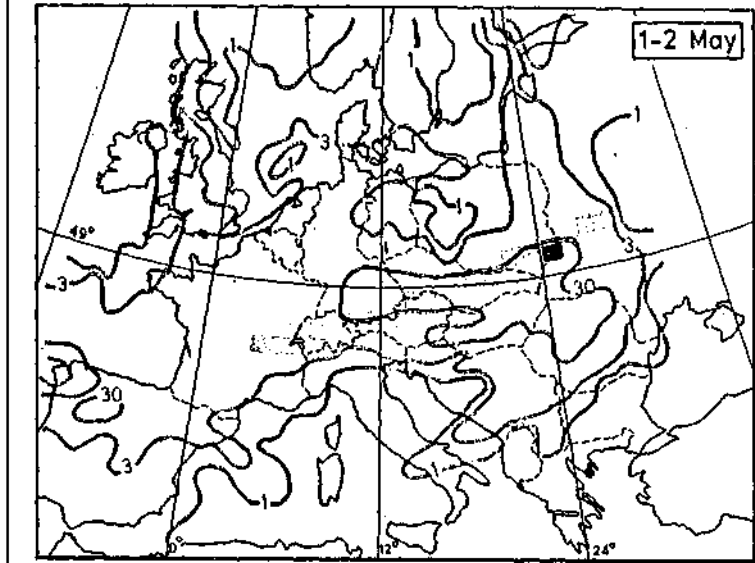
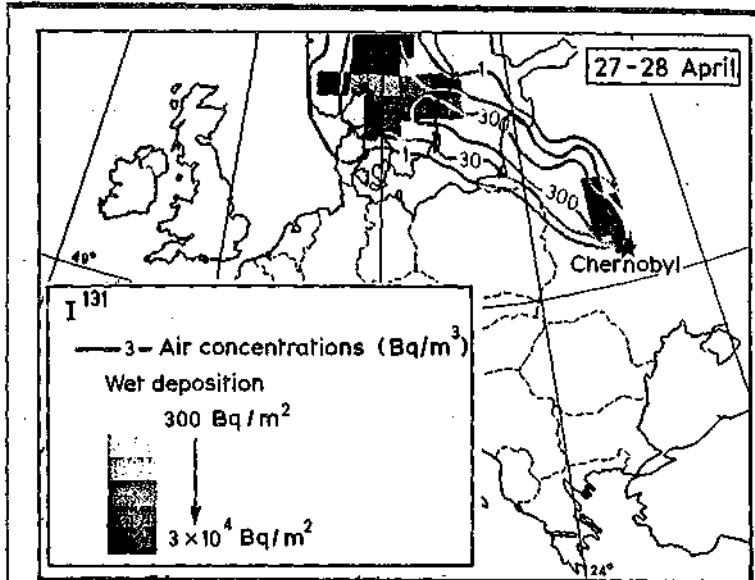
At the start of the release, as the weather map for Saturday 26 April shows, material would have flowed, parallel to the 1024 isobar, from Chernobyl towards Finland and Sweden. Conditions then became very stagnant for a couple of days over the Ukraine and northeastern Europe, with a front giving some rain over Scandinavia. By Wednesday 30 April, a tongue of clean air from the Atlantic was thrusting across France and Britain towards Denmark. This change had a marked effect on the subsequent dispersal of the cloud. The air current from the Atlantic gave rise to a region of high pressure that moved eastwards across the north of Europe. As the area of high pressure passed beyond Britain, it allowed air to pass northwards behind it. In this way, radioactivity from Chernobyl reached Britain on Friday 2 May.

Trajectories initiated at midnight on successive days indicate the route the radioactivity took. The early material flowed over Scandinavia. A little later, it stagnated and swung southwards across Poland and central Europe to Britain. After a period of stagnant winds and easterly drift, the last part of the release followed a more southerly passage across eastern Europe before swinging northwards.

The sequence of pictures illustrates the spread of the cloud across Europe from the day on which the Scandinavians detected it to its arrival in Britain. Each picture shows contours of concentrations in air (averaged over 24 hours), with the deposition of activity due to rain superimposed.

Scientists in southern Finland, Sweden and the north-eastern corner of Poland registered the arrival of the radioactive cloud on 27 April. Measurements indicate that the plume spread in a slightly more northerly direction than our calculations have predicted, giving more contamination over Finland. Denmark remained relatively unaffected, as indicated. Rain brought down more radioactivity over some areas of Sweden between 27 and 29 April. This "wet deposition" was rather patchy, with high levels around Uppsala and North of Stockholm. There were thunderstorms over Byelorussia. One such storm led to high levels of deposited activity near the town of Gomel. Some children have since been evacuated from this area.

By 29 April, the weather was rather stagnant. The cloud began to drift southwards over Poland, forming a wedge

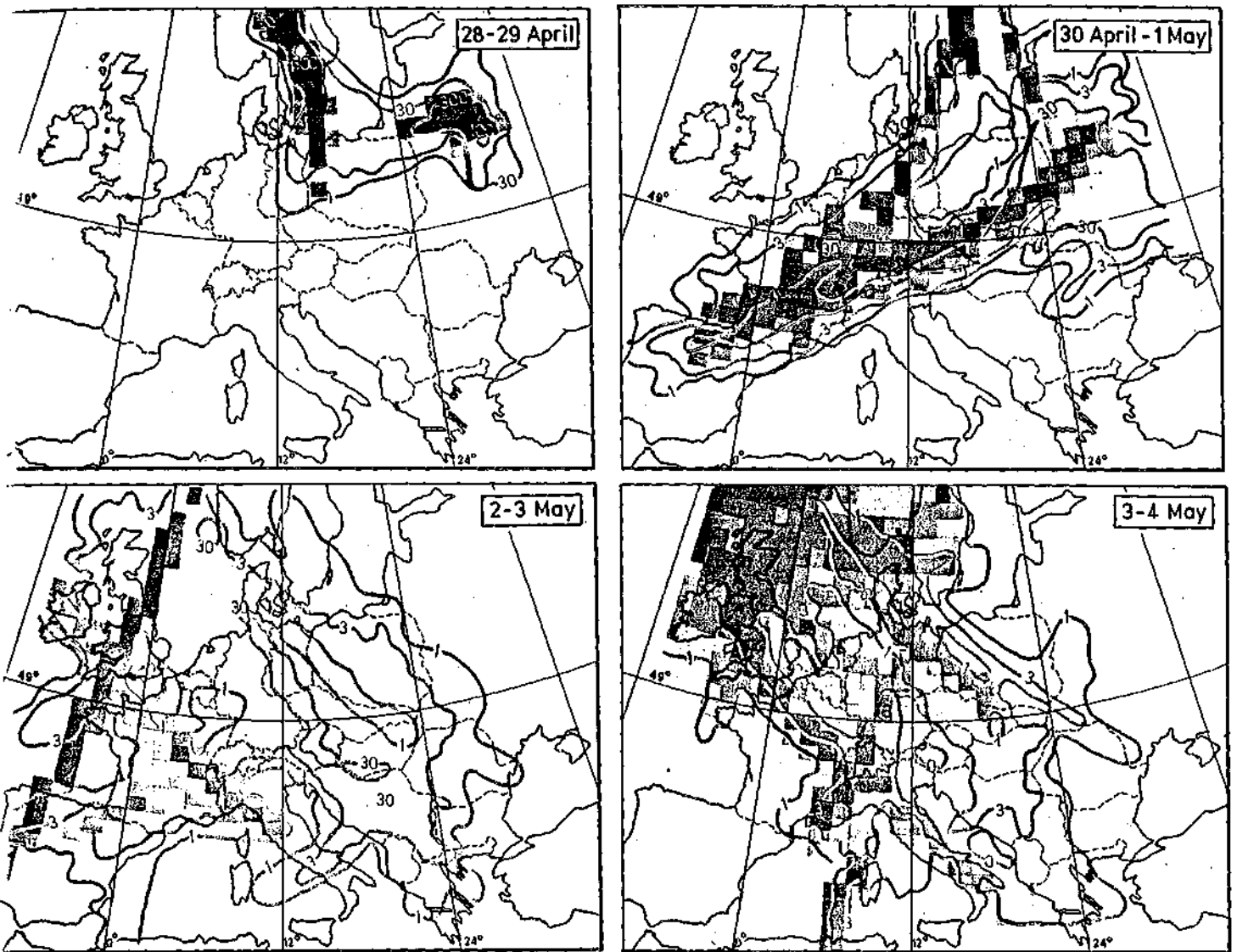


Estimates from the MESOS model of how the contamination

which thrust southwest across Germany during 30 April. This agrees well with measurements in these countries. Belts of rainfall led to a Y-shaped pattern of wet deposition. There was still clean Atlantic air over Britain and the northern coast of continental Europe.

On the next day, from 30 April to 1 May, heavy rain led to a band of higher wet deposition of radioactivity from south-eastern France across Switzerland, southern Germany, Austria and Czechoslovakia. On the following day, the material reached Britain, advancing in a northwesterly direction as a band with a sharp edge. As the cloud passed, scientists monitored it closely. Unofficial observations also contributed—such as a Surrey schoolmaster conducting experiments with pupils who noted the enhanced background radiation on the Friday morning. Between 2 and 3 May, the main cloud cleared southeastern England with bands of rain affecting western England and Wales. The cloud had by then spread to cover most of southern Europe as well. On May 2, higher levels were again observed in the extreme north of West Germany. These levels are consistent with the band of higher estimated concentrations stretching northwards from western Austria across the German Democratic Republic.

On 3 to 4 May, large parts of Britain were still within the cloud and further rainfall led to some relatively high values of deposited radioactivity, though by this time the cloud was more dilute. An interesting feature of our calculations is that they indicate an area of wet deposition over Hamm in West



spread. Contours are concentrations of iodine-131 in air (averaged over 24 hours). The colours are wet deposition of iodine on the ground

Germany. Ecology groups claimed that they detected radioactivity from a leak at the gas-cooled high-temperature reactor there on 4 May, with deposited levels reaching 50 000 becquerels per square metre. Our figures give only broad indications of the pattern of wet deposition rather than detailed "hotspots", but it seems likely that the radiation measured by the ecologists was due to Chernobyl and not associated with Hamm (*New Scientist*, 12 June, p 23).

In England and Wales we are fortunate in having extremely good monitoring of rainfall from a network of radar operated by the Meteorological Office. This radar scans around every 5 minutes, monitoring rain intensity with a grid resolution of 2 to 5 kilometres. This enables us to identify easily and then check areas of precipitation where higher wet deposition of radionuclides may have taken place.

The picture presented above accurately reproduces the arrival of the radioactive cloud in each country and is broadly consistent with the observations made. We need to take great care in interpreting measurements though, and it is important to know exactly what techniques have been used. For example, many measurements reported for iodine-131 in air relate only to the particulate fraction, which is typically only about one third of the total. Radioactivity deposited on the ground has also been sampled from grass, soil, tarmac and rain water, in a variety of ways that have supplied a wide range of different answers. This kind of disparity has led to confusion in the measurements. Modelling studies help us to

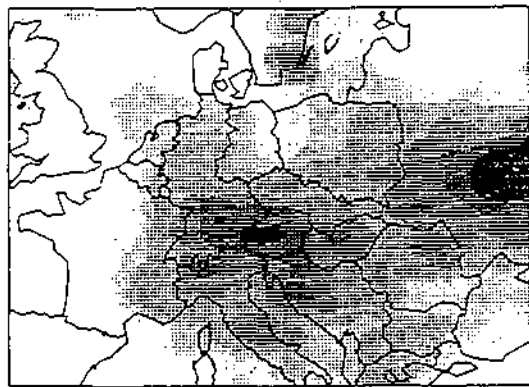
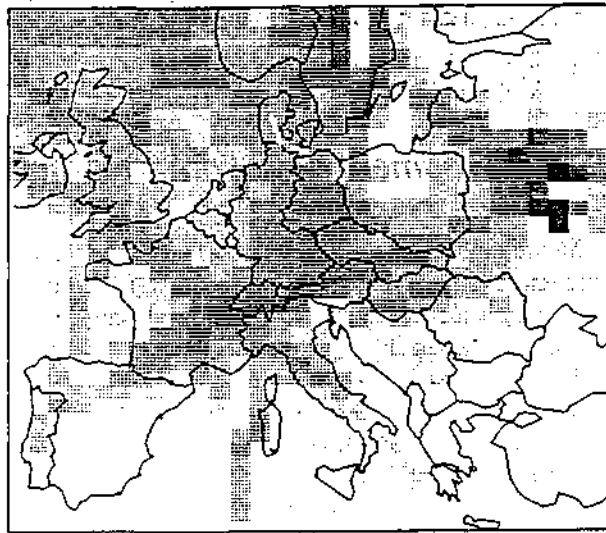
recognise such inconsistencies and their implications.

By normalising the calculated levels of contamination suggested by the model to give an optimum fit to the more reliable observations, we can estimate approximately how much of the contents of the reactor's core were released. At present, with the sparse reliable data available, these results are necessarily tentative. Nevertheless, our initial estimate is that about 15 to 20 megacuries of iodine-131 and 1 to 2 megacuries of caesium-137 were released. These amounts correspond to about 20 to 25 per cent of the total quantity of these two radionuclides in the core at the time of the accident. We are now studying ratios of other less volatile isotopes which may tell us more about the state of the reactor's core during the accident.

As more reliable data become available we should be able to refine these calculations to form a scientific basis for a full assessment of the environmental consequences of the accident at Chernobyl. In the longer term, we have a lot to learn from the accident, not only about the way in which pollutants travel long distances and how they become deposited on the ground, but also about the subsequent behaviour and persistence of such materials in our environment and their transfer through food chains. □

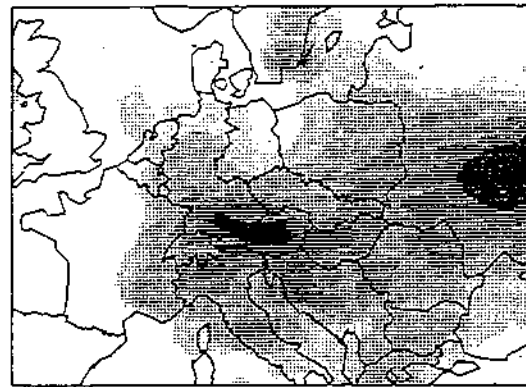
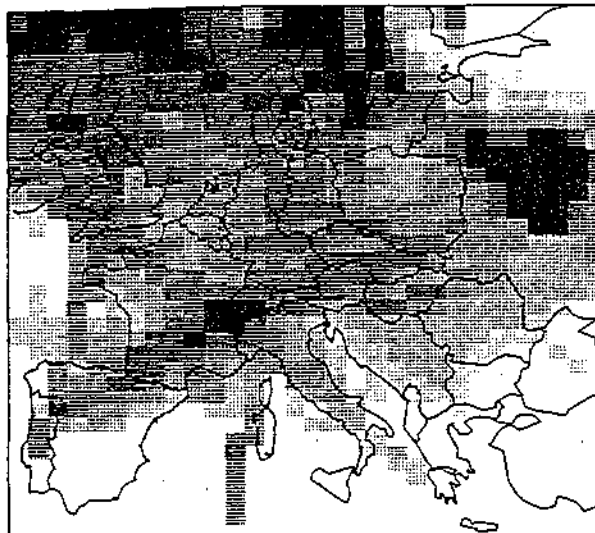
Helen ApSimon and Julian Wilson are in the Environmental Safety Group, Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science and Technology London.

Accumulated caesium-137 deposition (kilobecquerel per square metre)



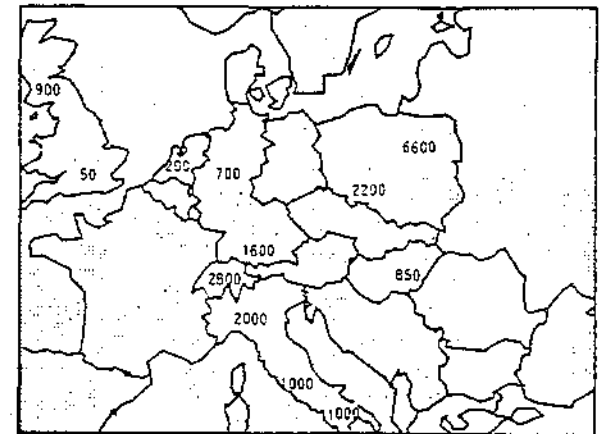
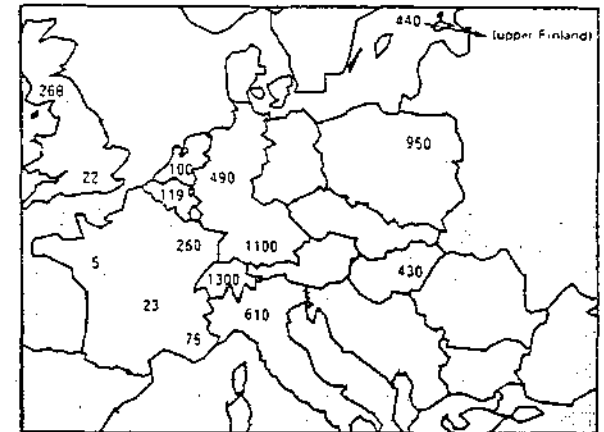
Note: Shown are results from two models using different scales and shading schemes. The top graph was calculated by the MESOS model up until 8 May 1986; the bottom graph by the GRID model up until 6 May 1986.

Accumulated iodine-131 deposition (kilobecquerel per square metre)



Note: Shown are results from two models using different scales and shading schemes. The top graph was calculated by the MESOS model up until 8 May 1986; the bottom graph by the GRID model up until 6 May 1986.

Total effective dose equivalent from external irradiation, inhalation, and ingestion



The maps show the total effective dose equivalent (in microsievert) for adults (top) and children as reported by various countries.

The rad-dosed reindeer

When Chernobyl's radioactive fallout dropped on the feeding grounds of the reindeer, the way of life and even the existence of the Lapp people were threatened

Debora MacKenzie



Lef R. Jonsson



All photographs from Svenska Pressfoto

SOMETIME around Christmas, Karin Baer and her family will move to their winter home, 300 kilometres east of Dikanäs, the village in northern Sweden where they spend the summer. Throughout the autumn, the Baers round up their thousand-odd reindeer from the summer pastures in the mountains, to take them to lower-lying pastures for the winter. Their people, the Lapps, have been doing this for 10 000 years. They may not be doing it for much longer.

Last April, when the reactor at the Chernobyl nuclear power plant in the Soviet Union exploded, it released a plume of radioactive particles that floated north, then fell with the rain on Scandinavia. When Chernobyl blew up, the reindeer herders were in the mountain pastures, marking calves. Later that summer, when they brought the reindeer in for slaughtering, many carcasses registered several thousand becquerels per kilogram of meat. The legal limit for caesium-137 in Sweden is 300 becquerels per kilogram. The slaughterhouses were closed immediately. Suddenly, the Lapps could not eat their own meat.

The slaughterhouses have re-opened since, but much of the meat is still unfit for human consumption. Yet the Lapps fear most that the contamination will have long-term consequences for the reindeer. Scientists have warned the Lapps that their reindeer will be contaminated for years—possibly decades. The peculiar ecology of the region and the way the reindeer feed make them particularly vulnerable.

The Lapp way of life revolves around reindeer. Many of the people fear that if they lose this focus they will lose their cultural identity, as some tribes of North American Indians did once their herds of bison were destroyed. There will then be nothing to stop them from assimilating into the culture of their southern neighbours.

The immediate problems are solved. The fallout from Chernobyl did not fall evenly, and some animals avoided contamination. Of 21 000 reindeer slaughtered in October, some 5000 were below the 300 becquerel mark. So people have enough reindeer meat to eat. The Swedish government, which takes its responsibility for the Lapps seriously, buys the rest and feeds it to mink. So neither the subsistence of the people nor the income of reindeer breeders has been affected, so far.

Lapp way of life centres on the reindeer

Still, the Lapps are worried. The problem, says Karin Baer, is cultural: "If you can't eat your own reindeer, much of the way of slaughtering, taking care of the meat, and making things like shoes, is lost. The slaughterhouses just throw away the skins, the bones the blood, the head, things we know how to use. We even cook the feet." If contamination at current levels takes nine years to halve, as some scientists suggest, it will be two generations before many of the reindeer will be clear.

"Much of the knowledge we have today, of how to take care of our own food, will perhaps be lost," says Baer.

Other Swedish scientists believe that the Lapps have been given a distorted picture of the problems. These researchers suspect that the situation will return to normal fairly quickly. All now depends on whether these scientists and the



traditional people of the Arctic can work closely enough to save an ancient culture from falling victim to the nuclear age.

The Lapps, or Sami as they call themselves, arrived in northern Scandinavia, Finland and Russia's Kola Peninsula some 10 000 years ago, as the glaciers retreated across the northern hemisphere. They developed a hunting culture based on the possibilities offered by the ecology at the edge of the Arctic.

The Lapps are semi-nomadic, following the huge herds of reindeer on their natural migration from the uplands in summer to lowland pastures in winter. Reindeer and their cousins, the caribou, dominate life in the Arctic by virtue of being the only large herbivores that can live on lichens. In summer they eat sedges, grasses and willows as well, but in the harsh northern winter the tough lichens that they scrape up from under the snow form 90 per cent of their diet.

The herds need vast areas of pasture, partly because the low input of energy from the sun at high latitudes produces precious little plant life per hectare. Other northern peoples, including the Eskimos of North America and the Evenki of Siberia, also follow herds of reindeer or caribou in their constant search for fresh pasture.

The Lapps went farther than other Arctic peoples in semi-domesticating the animals and deliberately herding them. Lapp reindeer are more tractable, less wayward in their migratory paths than, for example, North American caribou, perhaps because the European climate is somewhat gentler.

The Lapps derive their staple food and traditionally their clothing, tools, shelter and draught animals from reindeer. Today, much of the Lapp economy is still based on the herds—not for sentimental reasons, but because reindeer remain one of the few renewable resources of the far North.

But the Lapps have struck a compromise between their culture and the outside world by selling their reindeer meat to the cash-rich South. This practice has allowed them to retain their traditional ways while accepting some of the technological advantages offered by the South.

The arrangement has not led to an influx of profiteering southerners, nor to reindeer ranching; the animals' natural patterns are the most efficient way of producing more reindeer. In Sweden and Norway, only Lapps are allowed to herd reindeer over their migratory ranges of several hundred kilometres. The Lapps not only maintain the ancient culture, they thrive on it.

Chernobyl has disrupted this fine balance. In September, the average level of caesium-137 in reindeer meat was 4000 becquerels per kilogram. In October, as the animals switched from summer grazing to pasture predominantly of lichens, the average level of contamination rose to 8000, and some samples reached values as high as 16 600 becquerels per kilogram. Occasional values of 30 000 are now recorded.

Contamination worsened because lichens—plants composed of symbiotic algae and fungi—have no roots, and obtain all their nutrients from the air. When rain deposited radionuclides from Chernobyl on the North, lichens absorbed up to three times as much as heather and brush in the same area.

Researchers studied the physiology of radionuclides in caribou and reindeer during the 1960s, when fallout from nuclear bomb tests in the atmosphere fell on northern rangelands. From these earlier studies, Doug Heard, a biologist with the Department of Renewable Resources in the Northwest Territories of Canada, predicts that the radioactivity in reindeer will peak in January or February. The level of contamination should then remain steady—if the obser-



Lief R. Jansson



Lief R. Jansson



Lief R. Jansson

Lapps have gone further than any other Arctic people in semi-domesticating reindeer and deliberately herding and marking them.

vations from the 1960s on the movements of caesium in reindeer apply. However, that research involved giving reindeer experimental levels of caesium that were a fraction of those now observed in Scandinavia.

The crucial factor is the persistence of radionuclides in lichens. According to Heard, lichens absorb more atmospheric radionuclides than do plants that have roots. Furthermore, lichens do not regularly shed tissue as do plants with leaves and branches. Without roots, they cannot pass substances down into the soil. Lichens hang on to their contaminants. Heard says that, according to the earlier research, it will take nine years for lichens to shed half their load of caesium-137.

If reindeer keep eating lichen, and do not accumulate it over the long term, their caesium levels should match those in the lichen. This means that each reindeer will take nine years to shed half its load of caesium. A reindeer with 8000 becquerels per kilogram today will still have 1000 becquerels—well over the legal limit in food—in 36 years.

One remedy is to feed the reindeer hay in winter, instead of the contaminated lichens. But Baer discounts this. "The scientists say we can't get below 300 becquerels by feeding hay for a few months," she says. "More than that, and the reindeer eats more than it is worth. The government won't

pay us to do that unless the reindeer's health is in danger." Baer says that she has to trust the scientists who tell her that the levels of radioactivity are too low to harm the animals. But she says that they must await the end of winter to know for certain.

This bleak outlook is discounted by Olof Eriksson of the Swedish University of Agricultural Sciences in Uppsala. First of all, he notes that many of the reindeer now being rejected for human consumption register between 300 and 500 becquerels per kilogram. This is especially true of the 170 000 reindeer in the county of Lapland, which were less badly contaminated than the reindeer in Karin Baer's area.

Eriksson says that if reindeer are fed commercial feed, they will lose half their load of caesium in only 15 days. The first step, he suggests is to identify which reindeer are lightly contaminated, and then send them to graze off the moderately contaminated lichen. These reindeer would remove the upper third of the lichens, reducing the load of radionuclides on the pastures.

Reindeer could then be given feed without caesium-137. "A reindeer with 700 becquerels per kilogram would be down to 350 in two weeks", says Eriksson. He believes that scientists must go to the Lapps and work with them, to ensure that all but the most heavily contaminated reindeer are



Most reindeer are not fit for human consumption

rendered fit for human consumption. Researchers might also be able to treat contaminated animals. Gustav Åhman in Uppsala is developing a mixture of high-potassium food and minerals derived from clay to feed to reindeer. The potassium displaces caesium from its binding sites, and the clay minerals chelate it, binding it so that it is not taken up by the gut, but passes through the reindeer. This would prevent contamination of the meat (although it could also prevent reindeer from "cleaning" the pastures).

In Norway, Lapps have decided to overgraze contaminated pastures to remove the caesium, discarding the heavily contaminated animals. Eriksson warns, however, that there is too little research to say whether this will significantly reduce the rate at which radionuclides are cleared from lichen. The earlier studies of fallout examined low concentrations deposited over a decade, not the high levels deposited overnight by Chernobyl.

For Eriksson, the problem is that scientists have not told the Lapps what alternatives are available to them. Eriksson hopes to remedy this by organising the scientists. He also plans to take part in television documentaries to reach as many people as possible. Meanwhile, Lapps like Karin Baer still worry about their future.

Fortunately, the Lapps feel that they can rely on the Swedish government, at least for the time being. Swedish law guarantees Lapps the right to practise their way of life, which would not be possible without reindeer. "It is more and more important to have the reindeer, the more you lose other things, like the language," says Baer.

Baer is herself a good example of the problem. Although a member of the Swedish Sami Union, she does not speak the Sami language, an ancient derivative of Finnish, because her parents were from the North and spoke a different dialect from the people around Dikanäs. To communicate, they fell back on Swedish. "This is the way things are going," she says.

Like most people struggling to maintain traditional cultures, the Lapps do not reject the advantages of modern life. Some 80 000 of their 300 000 reindeer now travel to winter pastures in trucks. Other innovations are less welcome. Some migratory routes have been altered to skirt hydroelectric projects, many of which the Lapps have bitterly opposed.

Yet no matter how things change, Lapps feel that while some of their people migrate with the reindeer, the Lapp culture will not die. That is why Chernobyl has hit them so hard. It imperils their compromise between their own culture and that of the South. Without the herding of reindeer, many see no further barriers to assimilation. Yet perhaps the scientists can help the Lapps to help themselves, their reindeer and their way of life. □

Arctic peoples depend on limited diversity of plant and animal life

THE PLIGHT of the Lapps mirrors that of other people who have learned to live in the harsh environment of the Arctic. Often they fall prey to the technology of temperate zones, a world that is more forgiving of sudden events.

The Lapps are not the first to suffer. As recently as 1955, the Ihalmiut, an inland Eskimo people of north-central Canada, starved to the point of extinction because hunters farther south had reduced the numbers of caribou. The caribou were still there, in abundance. Their density simply decreased to the point that none of the herds, as they pursued various migratory routes across the tundra, happened to come in range of the Ihalmiut hunters for a season or two. That was enough.

Their vulnerability stems partly from the ecology of the Arctic itself, which is dominated by the decline in the input of energy from the sun as you go north. The result is dramatically fewer species in the Arctic. "For some reason, as productivity falls, biological diversity falls as well, as if there is less pie to divide up, and only so many ways you can divide it," says Doug Heard, a Canadian biologist.

Yet the North can produce a vast mass of life. Before the advent of modern hunting,



caribou herds numbered in the millions.

The exchange of gas between the air and the microorganisms of the tundra has a major impact on the composition of the atmosphere of the globe. Still, there are

only a few varieties of life. Specialisation is enforced.

If there is little more than lichen to eat in winter, then only large herbivores that eat lichen can live in the Arctic year-round. The predators depend on the lichen-eaters. If something happens to lichens, there are few alternatives. Today, most traditional people in northern regions of North America, Europe and Asia do not starve if something happens to the few species on which they traditionally rely. But increasingly, beleaguered species of game can no longer support traditional cultures.

The Lapps, Eskimos, North American Indians, Greenlanders, and according to some reports, the peoples of the vast Soviet Arctic, must wonder: "If we can't live off the land, what is the point of saying this is our land at all? If the old skills of survival are no longer possible, or even necessary, why bother?"

The question is not one that can be answered by science, except perhaps in the lesson that specialisation is precarious. The cultures of the Arctic represent some of humanity's most ingenious and successful adaptations. Like the genes of wild wheat, they should not be allowed to die. Who knows when we might need them? □