

Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming

VOL. 7 N° 1

1982

Driemaandelijkse
periodiek

Periodique
trimestriel

Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES
S.C.K./C.E.N.
2400 Mol

Rédacteur en chef

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART
14, rue Juliette Wytmansstraat,
1050 Bruxelles - Brussel

Secrétaire de rédaction

INHOUD

SOMMAIRE

- R.R. BOURGOIGNIE, P. LEJEUNE, A. POFFIJN, O. SEGAERT, J. UYTENHOVE :	
On the Rn-222 and Ra-226 concentrations in water from the Pletrou-Source (Visé)	5 - 16
- R.H. CLARKE, R. KIRCHMANN :	
Assessment of environmental transfer of radionuclides.	17 - 30
- S. BONOTTO, R. KIRCHMANN :	
Considérations sur la pollution du milieu marin et sa prévention.	31 - 40
- Conseils aux auteurs	41 - 42
- Richtlijnen voor auteurs	43 - 44
- Instructions to authors	45 - 46
- Hinweise für Autoren	47 - 48
- Liste des membres - Ledenlijst - 1982	49 - 58

ON THE RN-222 AND RA-226 CONCENTRATIONS IN WATER
FROM THE PLETROU-SOURCE (VISE)

R.R. BOURGOIGNIE, P. LEJEUNE^{*}, A. POFFIJN, O. SEGAERT, J. UYTENHOVE
Laboratorium voor Natuurkunde, groep II, Rijksuniversiteit Gent
^{*} Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Brussel.

December 1981.

ABSTRACT

The radon-222 and radium-226 concentration in the water of the Plétrou-source was measured by alpha- and gamma-detection methods from february 1980 until august 1981. The radon-222 concentration varied between 47 Bq/l and 1600 Bq/l, the radium-226 concentration between 44 mBq/l and 96 mBq/l.

INTRODUCTION

Till 1973 the water from the Plétrou-source, located in the belgian town Visé was mixed with water from other local sources and subsequently used as municipal tap water.

The presence of not specified radioactivity in the soil in the rocky vicinity of Visé was reported by R. Legrand (1,2) in 1957.

Doubts about the radiohygienic quality of the water led to a series of measurements of the radon-222 and radium-226 concentrations in the water of the "Plétrou"-source, in waters of sources in the vicinity and in tap-water by two independent institutes (3).

The decision to close the well for public consumption was mainly ruled by the basic principle in radioprotection that any radiation exposure should be regarded as potentially hazardous and that it should be minimized whenever possible. Extreme values for the radon concentration of the raw-water of the Plétrou - well ranged from about 518 Bq/l (14 nCi/l) to about 1110 Bq/l (30 nCi/l).

Although the reported values are not exceptionally high on a world scale as a review of the scientific literature reveals, this well seems to be the most important source of radonified water in Belgium.

A series of measurements on procured samples carried out in our laboratory in 1977 showed an increase in radon-activity, results ranging from 1500 Bq/l (40 nCi/l) to 1750 Bq/l (47 nCi/l) for radon-222 and 81 mBq/l (2,2 pCi/l) to 93 mBq/l (2,5 pCi/l) for radium-226.

The large variations in the earlier reported values and the larger values found in our samples instigated further attention.

In agreement with the Institute for Hygiene and Epidemiology (IHE), it was decided to take a series of water-samples at regular time intervals during

the period 1980-81 and to reinvestigate the radon and radium concentrations. Some samples were also assessed at the I.H.E., allowing usefull intercomparison.

SAMPLING PROCEDURE

The water of the source is accessible through a vertical steel pipe of a municipal cellar located under the street pavement. The top end of the pipe is closed by a bolted steel disc.

A standard procedure was followed to insure reproducibility. Before lowering the cylindrical immersion pump (volume rate : 50 l/min.) into the steel pipe, two successive air-samples of about 1 l were taken at the top end of the pipe immediately after removal of the cover. The depth of the standing water was measured. Values ranged from 4,7 m to 6,4 m with a mean of about 5,5 m. The depth did not markedly change over a pumping period of at least two hours. The water was pumped through a plastic hose up to the street where it streamed into a overflowing bucket. The water temperature was always situated between 13°C and 13,5°C.

Two samples for gamma-counting were collected in 250 ml (or 100 ml) polyethylene screwtop bottles every 5 min. during the first 30 min. period of pumping and every 15 min. later on. A sampling bottle was pushed, upside down, into the overflowing bucket to the mouth of the hose where it was filled. The cap was screwed on tight under water. Sampling only took a few seconds and exact time of sampling was recorded. Special care was taken to avoid air bubbles in the bottles and they were stored in an icebox for transport. After pumping for 30 min. and 60 min., 500 ml samples were collected in faucet sealed 1 l glass bubblers (emanation flasks) for alpha assessment. The inlet faucet of the previously rinsed and evacuated emanation flask was fitted with a small hose. This hose was inserted in the mouth of the waterhose in the bucket.

The faucet was carefully opened and the raw-water sucked into the bubbler until about 500 ml was collected.

Measurement of the precise volume of collected water was postponed till after the radon and radium content were known.

At the end of the sampling session the pump was retrieved and the disc was bolted.

MEASUREMENT PROCEDURES

- ALPHA-COUNTING

The radon-222 and radium-226 contents in the emanation flasks are determined with the scintillation technique as described by Lucas (4). The set-up is similar to the one described by Di Ferrante (5).

The water-sample is flushed with purified nitrogen, the emanating radon is accumulated on cooled active coconut charcoal (-80°C), the charcoal is heated to about 350°C and the radon is transferred into a ZnS-scintillation cell.

After equilibrium, scintillations are detected and counted using a photomultiplier measuring chain.

After emanation, 4 ml HNO_3 (1 N) is added to prevent adsorption of radium at the walls of the emanation flask.

After storing the sealed flask for about 30 days to allow ingrowth of radioactive equilibrium, the radium-226 content is determined by measuring the generated radon-222.

Each sample is analysed at least twice for its radium-226 content. Finally the volume of the water-sample is measured. The results of the radon-222 assessments yield an uncertainty of about 10 %. Errors in the radium-226 assessments are about 15 %. The detection equipment was calibrated with standard NBS radium-226 sources under similar conditions.

- GAMMA-SPECTROMETRY

The gamma-spectrometry was performed with two closed-end Ge(Li) detectors, shielded with lead and copper.

In a first series of measurements we used a Philips 59 cm^3 detector (resolution 2,5 keV at 1333 keV).

Later we used a 50 cm^3 Ortec detector (resolution 1,8 keV at 1333 keV).

The measuring times varied from 4000 to 10000 sec. The energy spectrum from 50 to 800 keV was recorded in a 2048 channel analyser.

The spectrometer was calibrated in energy and in activity, using standard sources under identical geometry conditions (diluted NBS 4276 solution).

Spectra were registered in a 4K CI 8100 multichannel (Canberra Ind.).

Via a RS 232C serial Link, data were sent to a VAX 11/780 computer (Digital Equipment) for analysis by the CAOS (6) or modified GASPAN (7) programs.

In the described configuration activities could be measured with a precision of 10 %.

RESULTS

- IDENTIFICATION OF ISOTOPES

In the gamma-spectrum only lines from the radon-222 daughter products Pb-214 (RaB) and Bi-214 (RaC) are found.

No other noticeable activity was observed, except for some traces of natural uranium and thorium series.

Figure 1 shows a typical spectrum obtained with the Ortec-detector from the september 81 sampling.

- EFFECTIVE HALF-LIFE

The measured values of radon concentration required correction for decay with reference to the moment of sample collection. This implies knowledge of the effective half-life time due to the loss of radon by diffusion through the walls of the container.

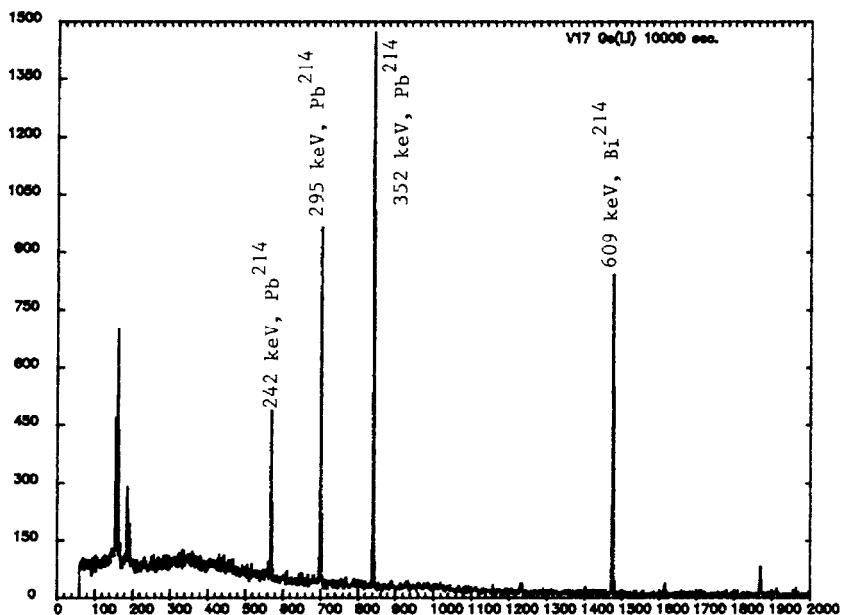


Fig. 1 : Typical gamma-spectrum of a Plétru raw-water sample (energy range 50-800 keV, measuring time 6000 sec.)

The physical half-life time for radon-222 is known as $T_{1/2} = 3.824$ d. A series of measurements over periods of 10 days showed that the effective radon half-life in our polyethylene bottles is $T_{1/2 \text{ eff}} = 3.30 \pm 0.05$ d. (figure 2), (a.u. : arbitrary units).

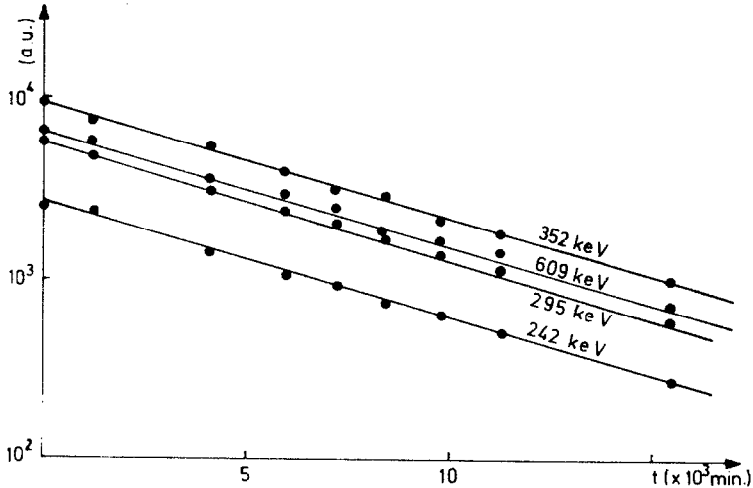


Fig. 2 : Effective half-life of radon-222 resulting from the measuring arrangement

- PUMPING TIME EFFECTS

It was found that the radon-activity at the time of sampling varied with the amount of raw-water pumped from the well before sample collection. Different curves were found on different sampling sessions. Two typical cases are shown in figure 3.

The activity of samples taken after about 30 min. of pumping is a factor 2 to 5 times higher than the activity of samples taken during the first minutes. The smaller values found at the beginning of the sampling session are probably due to degassing of the radon in the standing water of the well and seem not representative for the activity of the source itself. As "activity" of the well we retain the values derived from measurements on

samples obtained after a pumping period of about 30 min., corresponding to an extraction of $1,5 \text{ m}^3$.

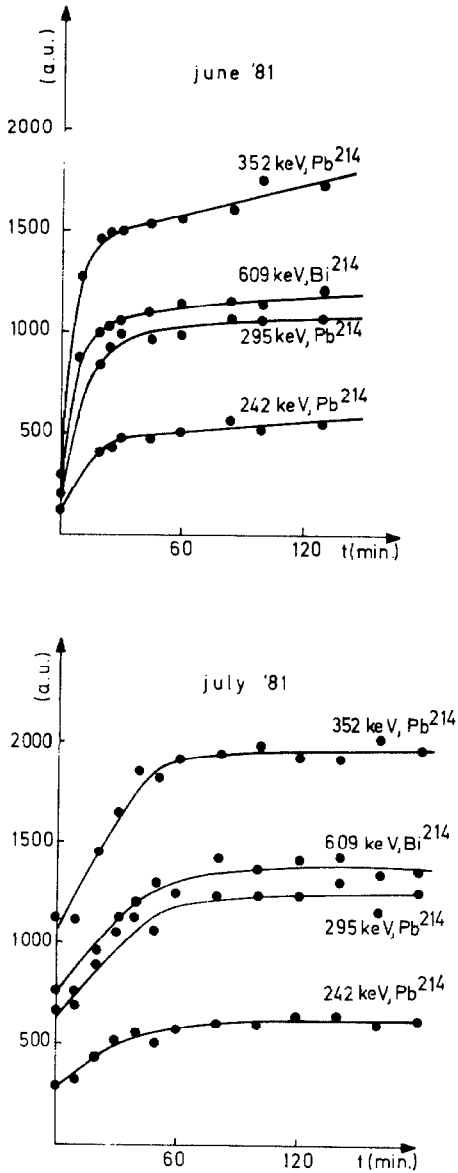


Fig. 3 : Variation of the radon-activity with pumping time prior to sampling.

- RADON-222 CONCENTRATION

Comparing the resulting values of the used technique we find that they mostly differ by only a few %, although sometimes differences up to 17 % do occur. Figure 4 shows the radon-222 concentration of samples taken at different moments during the period 1980-1981. Values represent a "mean" of results of alpha- and gamma-spectrometric measurements on samples taken at the same date. An estimated error of 15 % is shown as an indication.

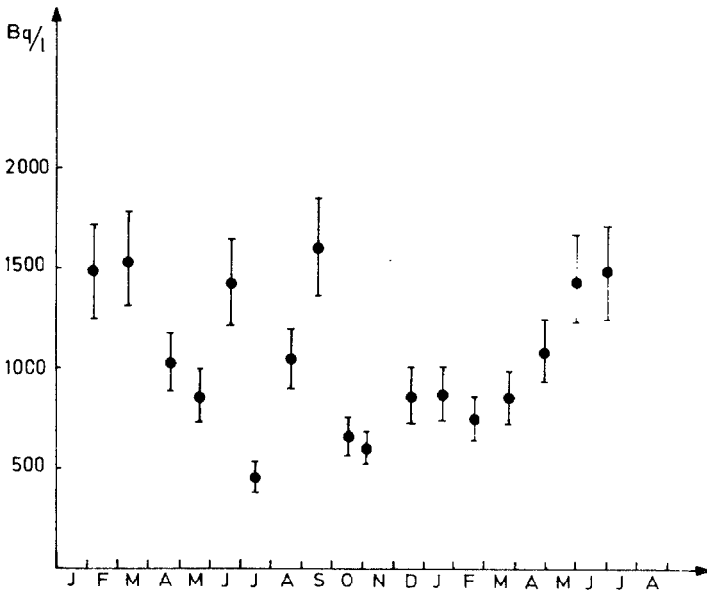


Fig. 4 : Mean radon-222 concentrations for sampling dates in 1980-1981.

Extreme values are 470 Bq/l (13 nCi/l) and 1550 Bq/l (42 nCi/l). The source seems to have two different states of activity, although this classification is not very pronounced. The high state correspond to a value of about 1500 Bq/l, whereas 800 Bq/l is representative for the low state, with large variations in the values.

- RADON CONCENTRATION IN THE AIR

As described before, air-samples were taken on opening the well shaft. The radon concentration of the second air sample usually contained about 40 % less radon than the first one.

Figure 5 shows the measured concentration of first samples. No correlation was found between the radon in air and the radon in water concentrations. Extreme values ranged from about 3 Bq/l (80 pCi/l) to about 25 Bq/l (680 pCi/l).

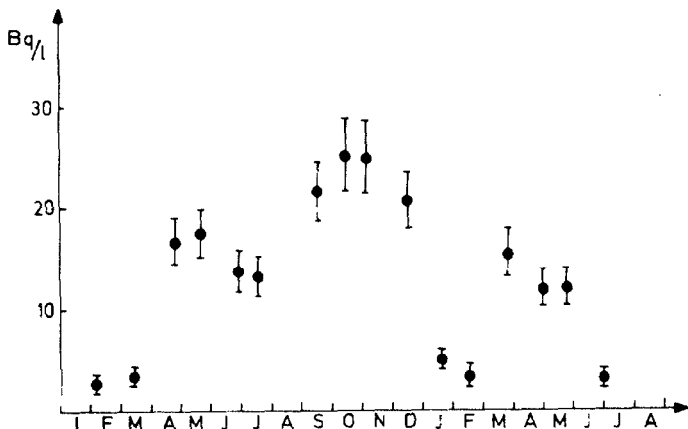


Fig. 5 : Radon-222 concentration of air-samples taken in 1980-1981.

- RADIUM-226 CONCENTRATION

The radium-226 concentration of each sample taken in an emanation flask was assessed at least twice. The resulting values are shown in figure 6. The indicated error of 15 % accounts for background correction, counting statistics, calibration errors and sample volume. Extreme values range from 44 mBq/l (1,2 pCi/l) to 96 mBq/l (2,6 pCi/l). These values are not the largest found in Belgian waters (8).

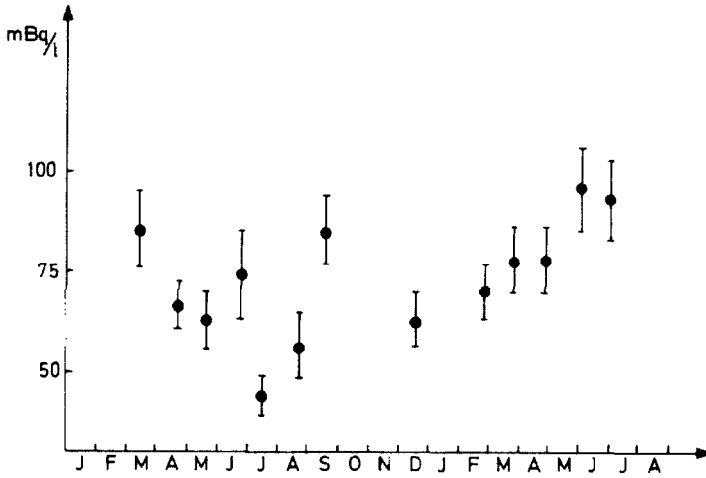


Fig. 6 : Radium-226 concentration for sampling dates in 1980-1981.

The average radon-222 content of the Plétrou-water is much in excess of the radium-226 supported radon. This is usually the case in natural waters due to the release of radon from rock matrices by diffusion assisted mechanisms, whereas the radium release is essentially governed by chemical leaching processes.

Radium is never present in more than a small fraction (0,05 %) of the amount under conditions of radioactive equilibrium with the radon.

Comparing figure 6 (radium-226 concentration) to figure 4 (radon-222 concentration) one is tempted to suggest that the same trends are present in both graphs.

COMMENTS

- In an attempt to explain the observed temporal variations in the radon and radium concentration of the raw-water of the Plétrou-source, a study was made of diverse meteorological parameters. In our opinion some parameters influence the fluctuations of the measured results, but no direct correlation was found.
- Although it is not up to the authors to assess the radiological risks caused by the eventual re-use of the water from the Plétrou-source, we believe the following considerations are important.

The measured Ra-226 content is inferior to the drinking water standard of 370 mBq/l (10 pCi/l) derived from the older $(MPC)_W$ -concept of ICRP-20 (9), which in turn is smaller than the value deduced from the more recent ALI-concept recommended by ICRP-26 and 30 (10,11).

The measured radon-222 content exceeds the proposed $(MPC)_W$ -values for members of the public e.g. 0,3 mSv/week (30 mrem/week) suggested by :

J.B. Hirsch et al, (12) : 740 Bq/l (20 nCi/l) (1,2 l/day);

W. Von DobeIn and B. Lindell, (13) : 370 Bq/l (10 nCi/l) (2,2 l/day):

M. Suomela and H. Kahlos, (14) : 370 Bq/l (10 nCi/l) (1,1 l/day).

It may be possible to reduce the concentration to a satisfactory level by degassing using adequate ventilation, by filtering for radium-226 and radon-daughters and mixing with clean waters, or by storing the water for a few weeks before consumption. These processing methods have a significant influence on the final concentrations as shown by J. Kiefer et al. (15).

It is recommended to install a permanent on-the-spot monitoring system for radon-222 and radon-daughters to ensure compliance with basic standards.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank Prof. Dr. A. Deruytter for measurement facilities at the Laboratorium voor Kernfysica, Rijksuniversiteit Gent.

We also thank H. Declerck-Versele and J.L. Avaux for the measurements done at the Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Brussel.

REFERENCES

- (1) Legrand R. : Brèches radioactives aux environs de Visé.
Bulletins de la Soc. Belge de Géologie, Tome LXVI Fasc. 2, 1957.
- (2) Legrand R. : Compte rendu de l'excursion du 26 juin 1958 dans la région de Visé. Bulletin de la Soc. Belge de Géologie, Tome LXVII Fasc. 2, 1958.
- (3) Lafontaine A. and Cantillon G. : Private Communication.
- (4) Lucas H. : Improved low-level alpha-scintillation counter for radon.
Rev. Sc. Instr. Vol. 28, 680-683, 1957.
- (5) Di Ferrante E. : Study on natural concentrations of Ra-226, Internal report Mol-Donk, Belgium, 1965.
- (6) Watzig W., Picard F. : Internal report IPNO-75-03, Univ Paris-Sud, Orsay, 1975.
- (7) Barnes V. : Report 834(W), UKAEA, 1968.
- (8) Baruh - Gillard : Etude sur la teneur en radon de certaines eaux de distribution et de captage en Belgique. IHE-Report 1976, Belgium.
- (9) ICRP-20 : Report of committee II on permissible dose for internal radiation, 1959.
- (10) ICRP-26 : Annals ICRP, Vol. 1, N° 3, 1977.
- (11) ICRP-30 : Annals ICRP, Vol. 2, N° 3/4, 1979.
- (12) Hursh J.B., Morcken D.A., Davis T.P. and Lovaas A. : The fate of radon ingested by man. Health Physics 11, 465-476, 1965.
- (13) Von Döbeln W. and Lindell B. : Some aspects of radon contamination following ingestion. Archiv fur Physik, Stockholm, 27, p. 531, 1965.
- (14) Suomela M. and Kahlos H. : Studies of the elimination rate and the radiation exposure following ingestion of Rn-222 with water, Health Physics 23, 641-652, 1972.
- (15) Kiefer J., Wicke A., Glaum F. and Postendorfer J. : IRPA, IV Int. Congress, Vol. 2, p. 315, 1977.

RESUME.

La concentration en radon-222 et radium-226 de l'eau de la source du Plé-trou a été mesurée par des méthodes de détection alpha et gamma depuis février 1980 jusque août 1981. La concentration en radon-222 variait entre 47 Bq/l et 1600 Bq/l ; celle en radium-226 entre 44 mBq/l et 96 mBq/l.

SAMENVATTING.

De concentratie in radon-222 en radium-226 van het water van de Pletrou bron werd gemeten bij middel van alpha en gamma detektie methoden van februari 1980 tot augustus 1981. De radon-222 concentratie schommelde tussen 47 Bq/l en 1600 Bq/l ; die van radium-226 tussen 44 mBq/l en 96 mBq/l.

ZUSAMMENFASSUNG.

Zwischen Februar 1980 und August 1981 wurde die Konzentration an Radon-222 und Radium-226 im Wasser der Pletrou-Quelle mit Alpha- und Gamma-Meßmethoden gemessen. Die Konzentration an Radon-222 schwankte zwischen 47 Bq/l und 1600 Bq/l, die Radium-226 Konzentration zwischen 44 mBq/l und 96 mBq/l.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 7, n° 1 (1982)

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL TRANSFER OF RADIONUCLIDES

Clarke R.H.[°], Kirchmann R.^{°°}

[°] National Radiological Protection Board, United Kingdom

^{°°} Division of Nuclear Safety and Environmental Protection, IAEA

April 1982.

SUMMARY

The radiological objective in modelling pathways back to man is summarised as : a) to estimate the total health detriment from any given source, b) to identify critical pathways and critical groups, c) to estimate doses to the most exposed individual or group of individuals and d) for the establishment of secondary standard or Derived Limits.

In the remainder of the article the modelling of doses to critical groups is discussed and the need and availability of data are identified.

Finally some consideration is given to the problems involved in estimating collective doses from effluent releases.

INTRODUCTION

Modelling of the environmental transfer of radioactivity is normally undertaken to assess the radiological consequences to man from effluents released from nuclear installations. In most cases it will not be possible to estimate individual levels of exposure from direct measurements of incorporated activity in humans and environmental modelling sometimes supplemented by environmental monitoring provides the only means of estimating doses. For effluent releases ICRP (6) introduced concepts of critical nuclides, critical exposure pathways and critical population groups for application in the design of environmental monitoring programmes and in the interpretation of environmental monitoring data. These concepts provide a sound and practical way of testing compliance with the ICRP dose limits for members of the public and allow economies in the conduct of environmental monitoring.

In recent years the quantification of the risk from radiation has led to more emphasis being given to the concept of as low as reasonably achievable (4) and ICRP dose limits being related to acceptable levels of risk. The consequence of these changes has meant that there is more emphasis

[°] Present address: Department of Radiobiology, CEN/SCK, Mol, Belgium.

on the need to assess environmental transfer of radionuclides. This is because the movement of all nuclides must be modelled through all pathways to give doses to all human body organs and tissues in order to estimate not only the risk to the most exposed individual, but also to enable the collective dose commitment to be estimated, since this is a measure of the total health detriment related to the source. In order to be able to estimate both doses to most exposed individuals and doses to populations there is a need to develop models for the environmental transfer of radionuclides released to man's environment.

The present article discusses the consequences of gaseous and liquid effluent releases which are a form of waste disposal and many of the aspects of the models described for assessing such releases are similar to those for the assessment of potential releases of radioactive materials from sites used for the disposal of solid radioactive wastes. Similarly the models may also find application in the analysis of the consequences of hypothetical accident situations at nuclear installations.

PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL MODELLING

For continuous releases resulting from normal operation of nuclear facilities, the radiological objective in modelling pathways back to man may be summarised as :

- (a) to estimate the total health detriment from any given source; a quantity which can be used in optimisation studies,
- (b) to identify critical pathways and critical groups; this is to indicate where environmental monitoring should be undertaken to assess doses to critical groups,
- (c) to estimate doses to the most exposed individual or group of individuals for comparison with dose limits,
- (d) for the establishment of secondary standard, or Derived Limits, for environmentally incorporated levels of radioactive material.

When making estimates of doses to small well defined critical groups the purpose of the assessment will be to estimate the maximum dose equivalent and it will be necessary to use conservative values for parameters, partly

to allow for lack of knowledge of environmental pathways and partly because the objective is to ensure compliance with dose limits. Conservative values of parameters should also be used in the establishment of Derived Limits, i.e. either a rate of release of radionuclides to the environment or levels of activity in environmental materials, which are set so as to ensure virtually certain compliance with the dose limits.

By comparison when undertaking an estimate of total health detriment from the introduction of a source which releases radioactive material to the environment it is necessary, in principle, to use as realistic values for parameters as possible and to model the environmental pathways as accurately as possible. This is because the resulting estimate of the total health detriment may be used to undertake a differential cost-benefit analysis a means of deciding when a discharge of radionuclides is as low as reasonably achievable.

The ICRP (4)(7) and the IAEA (5) have given general guidance on the principles to be adopted for setting release limits of radioactive effluents to the environment. It is necessary however to provide further detailed advice and the IAEA will publish in the near future a report giving details of the models which can be used for assessing doses to critical groups from routine discharges of radioactive material (8). When consideration is given to methods for estimating collective doses from effluent discharges, a first attempt at a comprehensive methodology has been made by the CEC in a report prepared jointly by NRPB in the UK and CEA in France (3). In the remainder of this paper the modelling of doses to critical groups is discussed and the need and availability of data are identified. Finally some consideration is given to the problems involved in estimating collective doses from effluent releases.

METHODS FOR ESTIMATING DOSES TO CRITICAL GROUPS

The IAEA report (8) limits its consideration to models for predicting dose equivalent to the most exposed individuals (critical groups) for release of radioactive effluents to atmospheric and aquatic environments. The models enable calculations to be performed on the local dispersion, that

is distances generally of the order of hundreds metres to several kilometers, from a source of radioactive effluent. The models consider exposure by the major pathways which might be expected to be found and values of transfer parameters are given for a wide range of elements which have radionuclides known to be of concern for routine releases of effluents from nuclear installations.

In order to be generally applicable the proposed models are generalised and it is recognised that for a given specific site there may be better physical descriptions of the pathways to man. Any recommendations for values of parameters therefore reflect a judgement which is necessarily a compromise from within their known range of variation. The parameters for which site specific data are not readily available have default values selected such that they should produce a low probability of the relevant dose limit being exceeded, when the dose evaluated using the models is at least an order of magnitude below the relevant dose limit. For those parameters where site specific information can be expected to be readily obtained, example values are given.

The generalised models are of value in practical radiological protection to calculate secondary standards from the primary dose limits, in order to control environmental contamination. When these secondary standards are related to the basic limits of dose by means of a defined model ICRP Publication 26 refers to them as Derived Limits. Another purpose of the models presented in the IAEA report is to identify differences between various sites during pre-operational assessment of the potential doses to critical groups from planned discharges of nuclides. In addition the models may also be used to identify the predominant nuclides and pathways to man so that environmental monitoring, habit and other surveys can be undertaken for critical groups as a means of checking on compliance with dose limits.

If doses predicted using the methods lead to values which are within an order of magnitude of a relevant dose limit, then that does not necessarily mean that the level of discharge of the effluent is too high but rather than a careful re-evaluation of the environmental pathways and the values of parameters should be undertaken using the most appropriate sites specific data. Generally such a re-assessment will indicate that the doses

are well below the appropriate dose limit.

The complexity of the mathematical models developed in the report is a function both of the concept of generalised models and of the data available for use in characterising the transport of radionuclides through the environment. There is little need to develop sophisticated models when the relevant environmental data do not exist or if the doses predicted by the models are well below the relevant dose limits.

Exposure Pathways

Radioactive material released to the atmosphere will be transported downwind and dispersed by normal atmospheric mixing processes. As the activity disperses the local individual members of the public are irradiated internally due to inhalation of activity and externally by β - and γ - radiation from the plume. Radioactive material is removed from the plume by two main deposition processes which occur either by impaction of the plume with the underlying surface over which it is travelling or by washout due to rain. The removal of activity from the plume leads to further pathways for the irradiation of exposed individuals. There are three main pathways : external irradiation from the radioactive decays of the material deposition on the ground; inhalation of resuspended material; and because of the transfer into the terrestrial environment, from foodstuffs consumed by man. A simplified representation of the pathways to man from atmospheric releases are shown in figure 1.

For releases to the aquatic environment the radioactive material may be removed by sediments and there is continuing exchange between water and sediments as the activity disperses. The resulting activity levels in the water phase expose man through consumption of drinking water and by accumulation into fresh water and marine foodstuffs. Irrigation practices also lead to activity entering the terrestrial environment and subsequently irradiating man. For the activity which concentrates in sediments the primary exposure route is by external irradiation to people who spend time on those sediments deposited on the margins of rivers, lakes, estuaries and the sea. The pathways are shown schematically in figure 2.

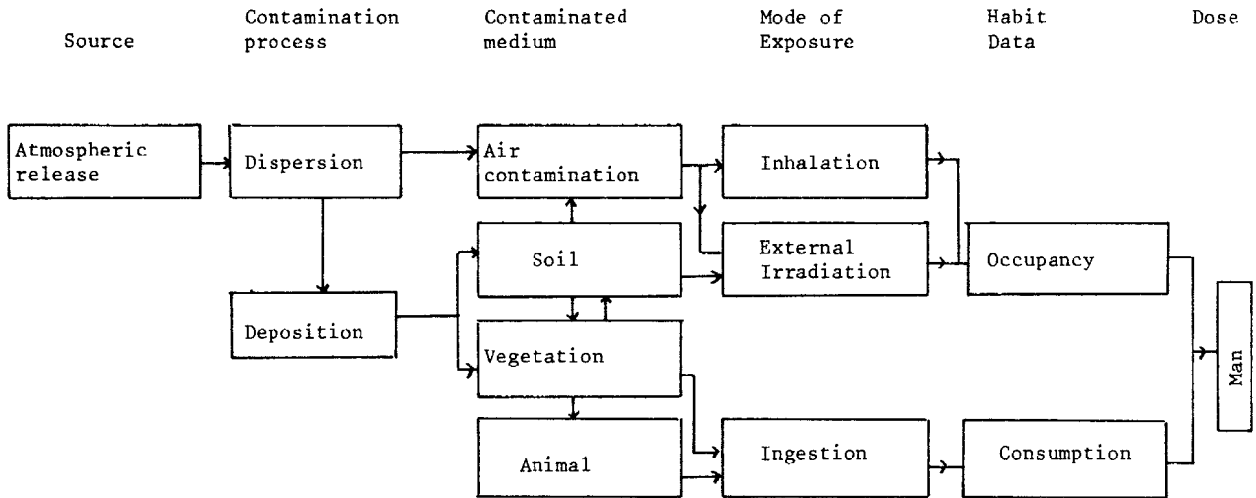


Fig.1. Schematic representation of Atmospheric pathways.

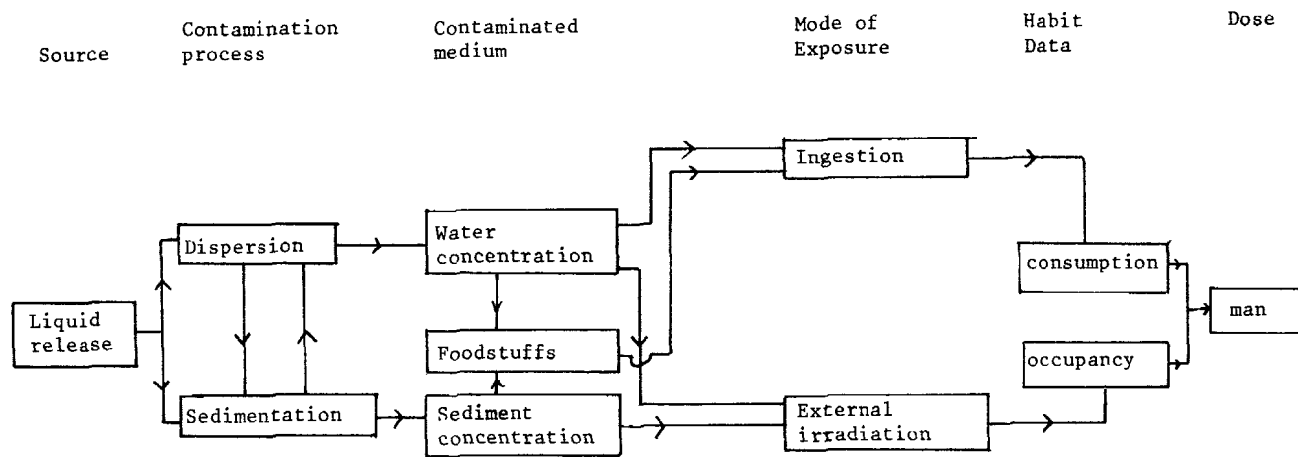


Fig.2 Schematic representation of aquatic pathways

Transfer of Radionuclides through the Environment

The Concentration Factor (CF) method is the most widely used procedure for assessing the consequences of planned releases of radioactivity and its use has recently been recognised by ICRP (7). Nuclides are assumed to reach equilibrium in environmental materials and the transfer coefficients are steady state concentration ratios between one physical situation and another, for example the ratio of activity on grass to that in the milk of grazing animals. The rate of introduction of activity into any compartment is exactly balanced by its removal from that compartment. Since the comparison is to be made with annual dose limits, averages may be taken over prolonged periods. Most of the nuclides likely to be released to the environment will achieve an equilibrium and most of the values of parameters available in the CF method are assumed to be applicable to equilibrium conditions. The advantages of the CF method is that simple multiplicative factors may be used to obtain intakes by individuals. The disadvantage of the CF method is that it does not represent time dependent behaviour of nuclides in environmental materials, that is their rate of build up or removal from the environment following introduction or cessation of a practice. For short (unplanned) releases of short-lived radionuclides, control decisions might be based on the time dependence of the activity of various nuclides in specified foodstuffs; the CF methodology might not be applicable in such a case. Also when radionuclides from planned releases accumulate in the environment, or persist for long times after their introduction, then it may be necessary to introduce time dependence into the CF methodology or use more complex time dependent models (1) (2).

COLLECTIVE DOSE ASSESSMENTS FOR RADIOACTIVE EFFLUENTS

When estimating the total detriment associated with a source releasing radioactive material to the environment the ICRP has recommended the use of sum of the dose equivalents in the exposed population i.e. the collective dose equivalent commitment. In order to estimate this quantity it is necessary to predict the return of radioactivity to man over long periods of time for those nuclides with long radioactive half-lives and which are sufficiently mobile in the environment to return to irradiate man.

In the methodology produced for the CEC by the NRPB and the CEA, dynamic models were developed which allowed dispersion within the European Community for effluents released to either atmospheric or aquatic environments in the EC.

In order to calculate the collective dose from atmospheric releases data grids have been set up for the population distribution of the whole of the European Community (fig.3). Thus as the processes of atmospheric diffusion dilute the activity released from any given point within the Community collective dose calculations can be performed for external irradiation and inhalation. For releases to the marine environment, compartment models have been developed which enable the dispersion of activity throughout the Mediterranean or the Northern European Coastal waters to be modelled (figure 4). The resulting activity concentrations in marine food-stuffs can be predicted which together with the knowledge of their catches in each compartment gives the total intake by man. Additionally in the CEC report four rivers were modelled, the Rhine, Rhône, Loire and the Pô. In each of these cases a compartment model was developed representing sections of the river through which its dispersion and sedimentation characteristics could be regarded as relatively uniform. By considering estuarine mixing, effluents originating in rivers also enter the marine environment and their contribution to dose to man may also be assessed.

Finally the methodology considers those nuclides which may be globally dispersed if released that is tritium, carbon-14, krypton-85 and iodine-129 and in this case the global dispersion is modelled to predict the integrated intake by man over the relevant time periods.

This methodology represents a first attempt to comprehensively estimate the total detriment associated with radioactive effluents and can be used as part of an input to an optimisation procedure. Because of the wide interest in the methodology, the results of dispersion calculations for the nuclides considered in the report have recently been established as matrices on a computer tape library which is available from NRPB^o. The use of the tape library enables a user to choose any location within

^o The Computer tap Library is available at a nominal charge from the NRPB Harwell, England - Requests should be addressed for the attention of Dr R.N. Clarke, Head of Nuclear Assessment.

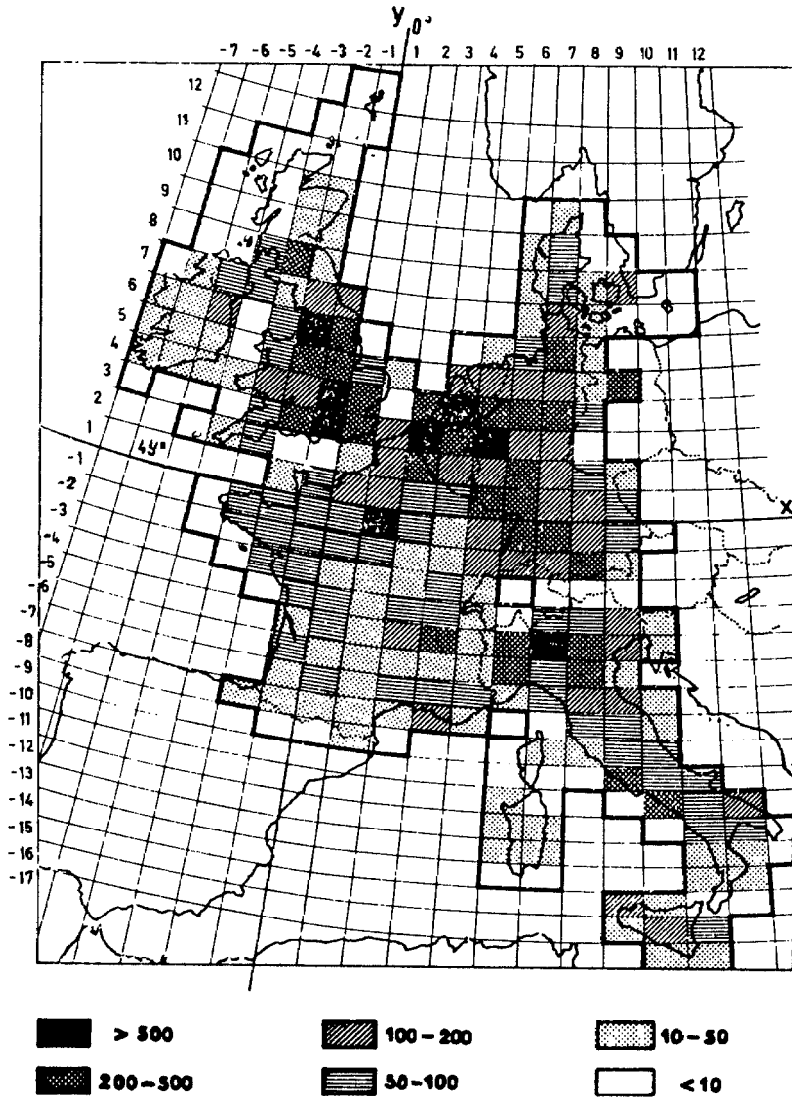


Figure 3. Mean population density (man km²) in the 10⁴ km² squares of the largest grid.

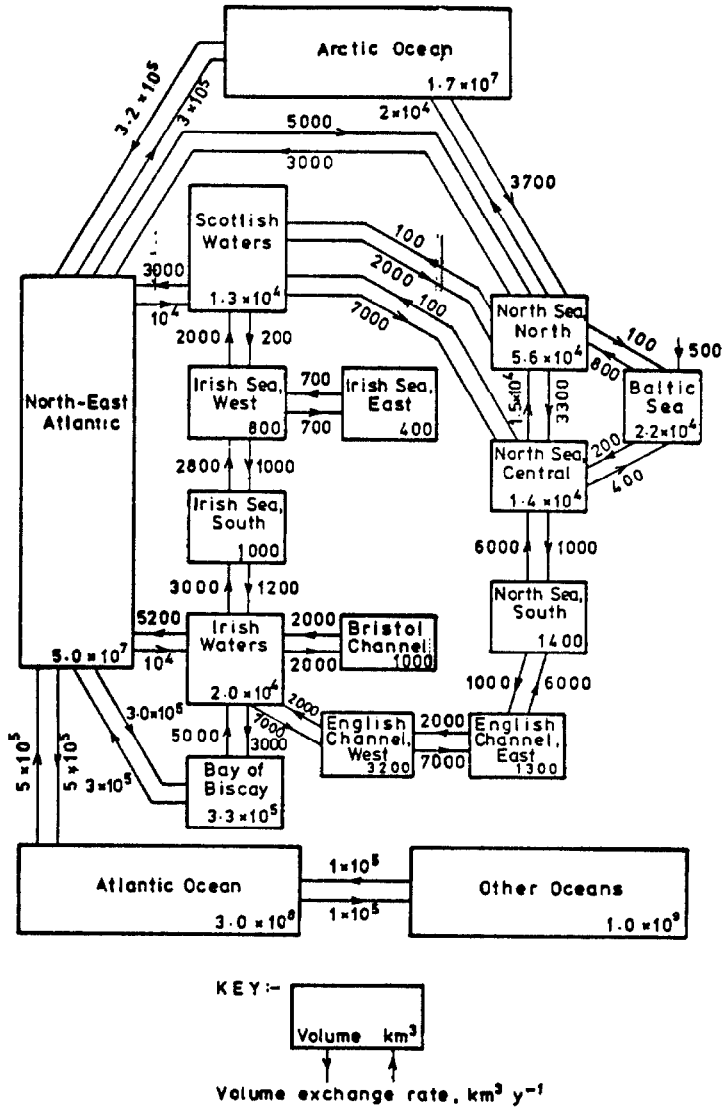


Figure 4. Compartments of North European regional model

Europe and estimate the resulting collective dose commitments. The results are given in terms of the time integrated concentration up to various times as a result of unit discharge either to the atmosphere or in the case of aquatic releases unit discharge to any section of the rivers Rhine and Rhône. Also any discharge taking place to the marine environment from the coast of Northern Europe can be treated to give the time integrated concentration of activity in foodstuffs received from any of the marine compartments.

Once activity appears in the terrestrial environment then in order to estimate collective doses matrices of agricultural production throughout the European Community have been established so that transfer to the foodstuffs which contribute significantly to man's diet can be used to estimate collective doses of activity deposited on the ground either directly from the atmosphere or as a result of irrigation practices.

SENSITIVITY ANALYSIS

Finally an important consequence of having developed environmental models - whether for the prediction of doses to critical groups or for the assessment of collective doses - is that these models may be used to undertake sensitivity analysis (7) (8). This procedure means that the model is used to evaluate the effect on the final result of variation in the values of individual parameters due to uncertainties in their value. Those parameters for which variation in their value makes very little difference to the overall levels of dose, either individual or collective, are not those which should receive immediate attention. On the other hand some parameters will be found in whose parameters uncertainty does lead to a significant variation in the overall result and these are to be given high priority for environmental measurements, experimentation and research.

Further some value of the confidence in the overall result of the dose predicted can be obtained by undertaking a robustness analysis, where all of the variables are allowed to take values randomly within their range of variation and the overall variation in the final result is observed. The processes of sensitivity analysis and robustness analysis are different and lead to different conclusions about the assessment.

It is of course clear that models have to be validated against experiment. However, in the complex areas described in this paper it is not always possible to test models as a whole. The various components of the model and the values of parameters will usually have been derived from experiments and will therefore be already validated. However the procedures described here will enable more confidence to be placed on the results of environmental modelling and will indicate those areas where more data are required in order to improve the confidence given to the dose estimates.

REFERENCES :

- (1) SIMMONDS, J.R., LINSLEY, G.S. and JONES, J.A. A general model for the transfer of radioactive materials in terrestrial foodchains. NRPB report R89 (1979).
- (2) PLEASANT, J.R., McDOWELL-BOYER, L.M., KILLOUGH, G.G., RACTIME : a Fortran implementation of a time dependent model for radionuclide in agricultural systems, ORNL/NUREG/TM 371, NUREG/CR-1196 (1980).
- (3) National Radiological Protection Board/Commissariat à l'Energie Atomique. Methodology for evaluating the radiological consequences of radioactive effluents released in normal operations, CEC report V/3865/79e (1979).
- (4) ICRP, Recommendations of the ICRP, Publication 26, Pergamon Press (1977).
- (5) IAEA, Principles for Establishing Limits for the Release of Radioactive Materials to the Environment, Safety Series n°.45 (1978).
- (6) ICRP Publication 7. Principles of Environmental Monitoring Related to the Handling of Radicactive Materials.
- (7) ICRP, Radionuclides release into the environment; Assessment of Doses to man, Publication 29, Pergamon Press (1979).
- (8) IAEA, Technical Report Series, Generic models and parameters for asses-
sing the environmental transfer of radionuclides in predicting exposures
to critical groups from routine releases. In press.

RESUME

L'objectif radiologique visé par la modélisation des voies d'atteinte de l'homme peut être résumé de la façon suivante : a) estimer le détriment sanitaire total résultant de toute source donnée, b) identifier les voies critiques ainsi que les groupes critiques, c) estimer les doses reçues par les individus les plus exposés ou groupes d'individus et d) établir les standards secondaires, ou Limites Dérivées.

La modélisation des doses aux groupes critiques est ensuite discutée et le besoin ainsi que la disponibilité de données sont identifiés. Finalement les auteurs considèrent les problèmes impliqués par l'estimation des doses collectives résultant des rejets d'effluents.

SAMENVATTING

De radiologische objectieven die nagestreefd worden bij de modelisatie van de blootstellingswijzen van de mens kunnen als volgt worden samengevat : a) de totale sanitaire schade schatten voor elke gegeven bron, b) de kritieke blootstellingswijzen bepalen evenals de kritieke groepen, c) de individuele dosis schatten voor de meest blootgestelde individus of groepen, en d) secondary standards of Derived Limits vooropstellen.

De dosissen bekomen voor de meest blootgestelde groepen worden besproken. De kompartimenten waarvoor voldoende gegevens evenals deze waarvoor onvoldoende gegevens voorhanden zijn worden geïdentificeerd. Uiteindelijk bespreken de auteurs de aanverwante problemen bij de schatting van de collectieve dosis voortvloeiend uit de loozing van effluents.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Zweck der Modellierung für den Strahlenschutz der Übertragungsschritte zum Menschen kann wie folgt zusammengefasst werden : a) Die Bestimmung des gesamten Gesundheitsschaden von einer bestimmten Quelle; b) Die Identifizierung der kritischen Übertragungswege und kritischen Gruppen; c) Die Bestimmung der Dosen der am höchsten exponierten Individuen oder Bevölkerungsgruppen; d) Die Festlegung sekundärer Standards.

Im Rest der Veröffentlichung wird die Modellierung der Dosen für kritische Gruppen diskutiert und die Bedürfnisse für die Sammlung von Daten ausgeführt. Schliesslich werden die Probleme der Bestimmung kollektiver Dosen von Emissionen besprochen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 7, n° 1 (1982)

CONSIDERATIONS SUR LA POLLUTION DU MILIEU MARIN ET SA PREVENTION

Bonotto S., et Kirchmann R.

Département de Radiobiologie, C.E.N.-S.C.K., 2400 Mol, Belgique

Avril 1982.

RESUME

Les auteurs exposent les raisons principales pour lesquelles le milieu marin doit être efficacement protégé contre les pollutions. Ils soulignent ensuite, en se basant sur les travaux du symposium de Woods Hole sur l'immersion des déchets en mer, l'utilité des recherches dans le domaine de l'écotoxicologie, de la génétique et de la physiologie cellulaire. Ils montrent enfin l'avantage de combiner les recherches *in situ* à celles de laboratoire afin d'obtenir une meilleure connaissance du milieu marin et des effets des polluants.

I. INTRODUCTION

Le milieu marin subit à l'heure actuelle plusieurs formes de pollution : chimique, thermique, radioactive, et même biologique lorsqu'une espèce particulière prolifère suite à une grave perturbation de l'équilibre écologique; citons par exemple, l'apparition des "eaux rouges" qui est due à une prolifération anormale de microalgues.

Etant donné que l'exploitation des océans à des fins alimentaires, énergétiques et industrielles augmentera dans le futur, on doit s'attendre à ce que la pollution du milieu marin s'aggrave si des mesures efficaces de protection ne sont pas prises en temps opportun. En effet, malgré sa capacité d'auto-épuration et son très grand volume (les océans ont un volume de 10^{17} m³), le milieu marin ne peut pas être considéré comme un réservoir pratiquement illimité, capable d'absorber des quantités croissantes de polluants sans en subir des conséquences. Les recherches récentes sur le milieu marin ont amplement montré qu'il est gouverné, comme tout écosystème, par des lois biologiques bien précises. Bien que nos connaissances du milieu marin soient encore peu approfondies, il est cependant déjà bien clair qu'il faut assurer sa protection contre les différentes formes de pollution. En effet, l'impact des pollutions sur ce milieu mérite une attention très sérieuse pour

plusieurs raisons :

1. La vie des organismes marins doit être protégée car, en maintenant l'équilibre biologique sur notre planète, ils rendent possible celle de l'homme;
2. L'utilisation de la mer (surtout les zones côtières et les estuaires) pour la culture d'algues et l'élevage de plusieurs espèces d'animaux marins ne fera qu'augmenter à l'avenir, puisque l'écosystème terrestre ne pourra pas, à lui seul, faire face à la demande alimentaire de la population humaine en croissance rapide (1,2,3);
3. L'obtention d'eau potable par dessalement de l'eau de mer connaît un intérêt grandissant (4);
4. L'emploi de l'eau de mer pour l'irrigation agricole dans des régions désertiques semble donner des résultats satisfaisants (5,6);
5. La conversion biologique de l'énergie solaire pour la production de fuel à partir de la biomasse dépendra de systèmes biologiques basés essentiellement sur l'eau de mer (7,8);
6. Enfin, on doit souligner également l'intérêt de la mer comme lieu de récréation voire même de cure.

Ces diverses raisons montrent clairement la nécessité impérieuse d'assurer une protection efficace du milieu marin contre les pollutions anthropogéniques. L'impact des polluants sur le milieu marin fait l'objet de recherches supportées par des instances gouvernementales, par des organisations internationales et aussi par des laboratoires privés. Cependant, l'effort à fournir reste encore malgré tout très important.

Plusieurs conférences internationales ont été consacrées, ces dernières années, à l'un ou à l'autre aspect de la pollution de la mer, tellement la matière à examiner est vaste et complexe. Un récent symposium, organisé aux Etats Unis, a eu le mérite d'aborder dans son programme à la fois les principaux aspects de la pollution du milieu marin. Nous en donnerons ci-après un très bref aperçu.

II. IMPRESSIONS DU "THIRD INTERNATIONAL OCEAN DISPOSAL SYMPOSIUM" (Woods Hole, U.S.A.)

2.1. Organisation du symposium

Le "Third International Ocean Disposal Symposium" a été organisé à Woods Hole, U.S.A., du 12 au 16 octobre 1981, par la "State University" de New York, grâce à l'initiative du Professeur Iver W. DUEDALL

et de ses collaborateurs du "Marine Sciences Research Center" (Stony Brook, New York 11794). Ce symposium a réuni 108 chercheurs venant d'Amérique, d'Europe et du Japon. En outre, une délégation chinoise a assisté à une partie des travaux du colloque, qui sont en cours de publication.

2.2. Sujets traités et commentaires

Le symposium a traité les principaux problèmes liés à la pollution du milieu marin, en permettant aux chercheurs de présenter leurs résultats, sous forme de communication orale ou sous forme d'affiche au cours des huit sessions suivantes (9) :

1. "Radioactive Wastes";
2. "Nearshore Waste Disposal";
3. "Deep Sea Mining Wastes";
4. "Incineration at Sea";
5. "Dredged Material";
6. "Coal Waste Disposal";
7. "Industrial Disposal";
8. "Drilling Wastes".

Au vu des thèmes des différentes sessions, les sujets traités ont été très nombreux et il serait fastidieux de vouloir les résumer dans le présent article. Nous nous bornerons donc à émettre quelques considérations qui pourraient présenter un intérêt pour le lecteur. Il y a d'abord lieu de remarquer que la pollution radioactive de la mer, à laquelle l'opinion publique semble attacher une importance particulière n'est, en réalité, qu'une forme parmi d'autres de la pollution du milieu marin. Cette remarque ne tend pas à minimiser le problème de la pollution radioactive, mais il faut le considérer dans le contexte bien plus large de la pollution de la mer susceptible d'agir sur l'équilibre écologique. Il est raisonnable, donc, de penser que la plupart des effets biologiques éventuels observés sur les organismes marins seront la résultante de l'action combinée des différentes formes de polluants.

Un deuxième sujet de réflexion concerne l'importance des recherches écotoxicologiques. En effet, afin d'évaluer l'impact d'un rejet de polluant sur le milieu marin il est nécessaire de connaître les effets toxiques éventuels de ce polluant sur les organismes marins.

Plusieurs tests de toxicité ont été développés en utilisant des plantes (par ex. des diatomées) et des animaux (par ex. des oeufs et des larves de poisson, des mollusques, des crustacés, des oursins, etc.). Les recherches écotoxicologiques visent d'une part à déterminer la résistance et la capacité d'adaptation des organismes marins aux polluants et d'autre part à découvrir les mécanismes fondamentaux de la toxicité. Les oursins, qui font l'objet de nombreux travaux d'écotoxicologie, semblent être un matériel biologique particulièrement propice pour l'étude des effets biologiques des polluants, surtout en ce qui concerne les différents stades du développement embryonnaire (10,11,12,13,14,15).

Une troisième réflexion concerne la nécessité de faire des recherches sur les effets tardifs des polluants rejetés dans la mer et sur les implications génétiques qu'ils pourraient engendrer. Dans ce dernier domaine nos connaissances sont encore malheureusement trop fragmentaires. La quatrième et dernière réflexion concerne l'importance des approches biochimiques dans les recherches portant sur la pollution de la mer. L'étude des effets des polluants sur l'activité de plusieurs enzymes, dont certaines se trouvent dans les lysosomes, semble donner des indications précieuses sur le mécanisme d'action de certains polluants. L'intérêt des recherches biochimiques pour une meilleure compréhension de la biologie marine et des effets de la pollution sur la mer a été par ailleurs amplement confirmé au cours d'un récent colloque organisé à Brest (16).

III. SUR LES CONSEQUENCES POSSIBLES POUR L'HOMME ET POUR LES ORGANISMES MARINS DE L'IMMERSION DE DECHETS, RADIOACTIFS OU NON, AU FOND DE LA MER

L'évaluation des conséquences possibles pour l'homme et pour les organismes marins, de l'immersion de déchets, radioactifs ou non, au fond de la mer est basée essentiellement sur des modèles dont certaines données d'entrée sont peu ou mal connues. On sait seulement depuis peu que le fond de la mer est peuplé par de nombreux organismes uni- et pluricellulaires (17,18,19). On sait maintenant également qu'une quantité importante de matériel organique sédimente au fond de la mer. En outre, des amas de plantes ont été observés sur les sédiments marins (20,21). Il est couramment admis que les substances organiques sédimentant au fond de la mer

sont utilisées par les micro- et macroorganismes qui y vivent. En outre, la formation de gouttelettes de lipides, capables de migrer depuis le fond jusqu'à la surface de la mer, pourraient favoriser le transport vertical de certaines substances (éventuellement toxiques) immergées. On pense que ces gouttelettes pourraient constituer une voie de transfert des polluants du fond vers la surface de la mer, mais on ignore presque tout sur ce phénomène.

Il semble aussi que certains organismes vivant au fond de la mer, possèdent des formes larvaires capables de migrer verticalement, mais on connaît très mal leur cycle biologique et leur comportement. Les chaînes trophiques profondes sont en outre peu connues. On peut donc affirmer que, en dépit des récents progrès, nos connaissances du milieu marin profond restent encore trop limitées. C'est pourquoi il apparaît indispensable de développer d'urgence les recherches sur le milieu marin profond afin qu'une meilleure connaissance de ce milieu permette de mieux prévenir toute atteinte susceptible de perturber gravement son équilibre écologique probablement fragile.

IV. HARMONISATION DES RECHERCHES IN SITU ET EN LABORATOIRE

Les recherches menées dans la mer (*in situ*) sont certainement indispensables pour une meilleure connaissance du milieu marin: de sa biologie, de sa géochimie, de son écologie. Malheureusement, ces recherches sont très coûteuses et ne peuvent être effectuées qu'à l'aide de moyens importants, souvent mis en commun par plusieurs pays lorsque le programme l'exige.

Il y a, néanmoins, un type de recherche qui peut être effectué en laboratoire, en utilisant des organismes marins dont le cycle biologique est bien connu. Plusieurs animaux et végétaux marins font l'objet, à l'heure actuelle, de travaux de recherche portant sur la pollution du milieu marin (voir littérature dans la réf. 24). Bien que l'extrapolation des résultats obtenus en laboratoire à la situation réelle existant dans la mer doit être considérée avec prudence, il est, cependant admis que les recherches de laboratoire ont un intérêt certain et sont dans de nombreux cas indispensables, voir même irremplaçables. Ainsi, les cycles biologiques de certaines algues marines n'ont pu être découverts que grâce aux recherches de laboratoire. De même, des essais faits au laboratoire se sont révélés extrêmement utiles pour une meilleure

compréhension du mécanisme d'action de certains polluants (22). L'utilisation d'algues marines unicellulaires (*Acetabularia*, *Batophora*, *Boergesenia*, *Dunaliella*) que nous cultivons au laboratoire (Fig.1), nous a permis par exemple d'effectuer des recherches approfondies sur la fixation et la distribution cellulaire de plusieurs radionucléides (24,25). Nous montrons dans un autre article quels sont les avantages que l'on peut tirer de l'utilisation des algues marines pour la recherche sur la pollution du milieu marin.

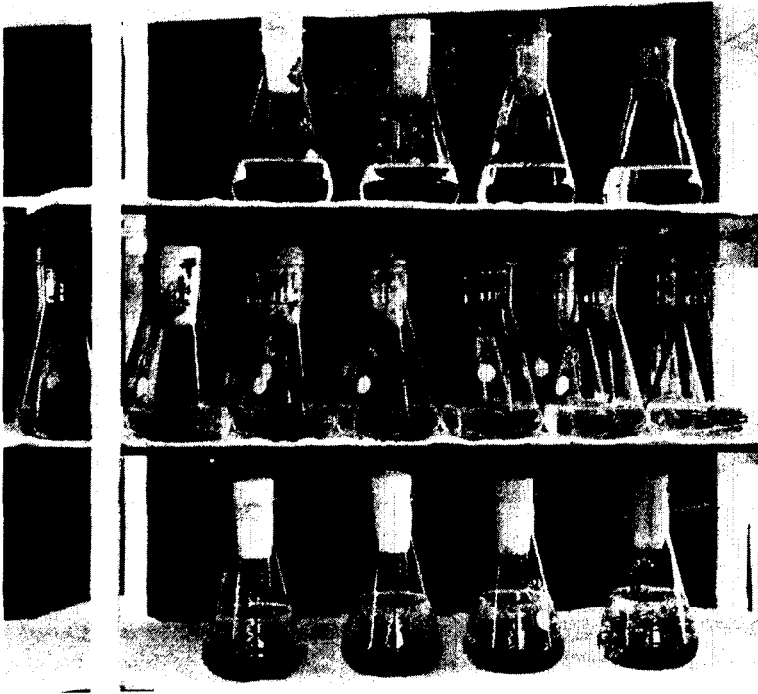


Fig.1. Culture d'*Acetabularia acetabulum* (= *mediterranea*) au laboratoire. Les algues (mesurant plusieurs cm de longueur) sont cultivées dans des erlenmeyers contenant de 100 à 200 ml de milieu de culture à base d'eau de mer autoclavée (23). Les polluants (radioactifs ou non) étudiés sont ajoutés au milieu de culture après stérilisation par filtration sur filtres Millipore.

V. CONCLUSIONS

Dans cet article nous avons exposé les raisons majeures pour lesquelles le milieu marin doit être efficacement protégé contre les différentes formes de pollution. Il apparaît de plus en plus clairement que l'homme a besoin de la mer, d'une mer saine et vivante, capable de lui fournir des aliments sains, de l'eau de qualité ainsi que des matières premières. La mer elle-même grâce à son pouvoir auto-épurateur, peut "digérer" les pollutions, à condition que ces dernières ne dépassent pas un certain seuil, au delà duquel des processus irréversibles de dégradation du milieu marin pourraient se produire.

Enfin, les recherches sur le milieu marin doivent être encouragées et développées afin qu'une prévention efficace puisse être établie sur des bases scientifiques solides.

VI. REMERCIEMENTS

L'un des auteurs (S.B.) remercie le Fonds National de la Recherche Scientifique pour l'aide qui lui a permis de participer au symposium de Woods Hole. Ce travail a été supporté, en partie, par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique de Vienne (contrat n° 2579/R1/RB). Nous remercions Mme. M.C. Hemelaers-Gielen pour la dactylographie du texte et la mise en page.

REFERENCES

- (1) BONOTTO, S., Dans "Marine Ecology", Kinne, O., Ed., John Wiley & Sons, London, New York, Sydney, Toronto, 3, pp. 467-501 (1976).
- (2) KINNE, O. et ROSENTHAL, H., Dans "Marine Ecology", Kinne, O., Ed., John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 3, pp. 1321-1348 (1977).
- (3) STIRN, J., Rev. Int. Océanogr. Méd., 24, 13-46 (1971).
- (4) MAUREL, A., La Recherche, 12, 322-339 (1981).
- (5) EPSTEIN, E. et NORLYN, J. D., Science, 197, 249-251 (1977).
- (6) EPSTEIN, E. et al., Dans "The Biosaline Concept. An Approach to the Utilization of Underexploited Resources", Hollaender, A. et al., Eds., Plenum Press, New York, pp. 77-99 (1979).
- (7) HALL, D. O., Fuel, 57, 322-333 (1978).
- (8) MITSUI, A., Dans "Proceedings of Bio-Energy '80, World Congress and Exposition", Bio-energy Council Publisher and Editor, Washington D.C., pp. 486-491 (1980).
- (9) Third International Ocean Disposal Symposium, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, U.S.A., October 12th-16th, 1981. Program and Abstracts, pp. 1-156 (1981).
- (10) WATERMAN, A. J., Biol. Bull., 73, 401-420 (1937).
- (11) KOBAYASHI, N., Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 18, 379-401 (1971).
- (12) KOBAYASHI, N. et al., Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 19, 359-381 (1972).
- (13) KOBAYASHI, N., Marine Biology, 58, 163-171 (1980).
- (14) KOBAYASHI, N., Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 26, 123-133 (1981).
- (15) CASTAGNA, A. et al., Marine Biology, 64, 285-289 (1981).
- (16) Indices Biochimiques et Milieu Marin. Journées du Groupement pour l'Avancement de la Biochimie Marine, GABIM, Brest, France, 18-20 Novembre 1981, Résumés, pp. 1-40 (1981).
- (17) HESSLER, R. R. et SANDERS, H. L., Deep-Sea Research, 14, 65-78 (1967).
- (18) WOLFF, T., Nature, 267, 780-785 (1977).
- (19) PAUL, A. Z., Nature, 272, 812-814 (1978).
- (20) WOLFF, T., Aquatic Botany, 2, 161-174 (1976).
- (21) HONJO, S., J. Mar. Res., 36, 469-492 (1978).
- (22) BORGHI, H. et al., Protoplasma, 78, 99-112 (1973).
- (23) LATEUR, L. et BONOTTO, S., Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique, 106, 17-38 (1973).
- (24) BONOTTO, S. et al., Dans "Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment", International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 649-660 (1981).
- (25) BONOTTO, S. et al., Dans "Current Topics in Radiation Research", Ebert, M. and Howard, A., Eds., North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 12, 115-132 (1977).

SUMMARY.

The authors explain the main reasons why the marine environment should be effectively protected against pollutions. They then underline, on the basis of work presented at the Woods Hole Symposium on ocean waste disposal, the utility of research in the field of ecotoxicology, genetics and cell physiology. They finally show the advantage of combining in-situ and laboratory investigations for obtaining a better knowledge of the marine environment, and of the effects of pollutants.

SAMENVATTING.

De auteurs geven de biezonderste redenen op waarom de zee omgeving doeltreffend zou moeten beschermd worden tegen bezoedelingen. Zij leggen de nadruk, vanuit het werk dat op het Woods Hole Symposium over afval verwijdering in de oceanen voorgesteld werd, op het nut van opzoekingen op het vlak van ecotoxikologie, genetica en celfysiologie. Tenslotte tonen zij de voordelen aan van de combinatie van in-situ met laboratoriumonderzoeken om een betere kennis van de zee omgeving en van de effecten van bezoedelingen te bekomen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Verfasser erläutern zunächst die Hauptgründe für einen wirksamen Schutz der marinen Umwelt gegen Verschmutzungen. Auf der Grundlage der Arbeiten des Symposiums von Woods Hole über die Meeresversenkung von Abfällen betonen sie sodann die Zweckmäßigkeit der Forschung auf dem Gebiet der Ökotoxikologie, der Genetik und der Zellphysiologie. Schließlich verweisen sie auf die Vorteile kombinierter in-situ und Laboratoriumsuntersuchungen mit dem Ziel, die Kenntnisse der marinen Umwelt und der Wirkung von Schadstoffen zu verbessern.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection.

CONSEILS AUX AUTEURS.

Il est demandé aux auteurs de contributions ou de communications qui ont été acceptées pour publication dans les "ANNALES de l'ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION" de bien vouloir tenir compte des directives suivantes.

IMPRESSION.

Le texte remis par l'auteur étant reproduit tel quel (après réduction à 8/10), il est nécessaire de respecter les règles reprises ci-après pour que l'impression soit bien lisible.

- Dactylographier le texte sur une machine électrique de préférence ;
- Utiliser un ruban noir neuf ;
- Employer de l'encre noire pour les formules écrites à la main et les dessins ;
- Fixer à la colle blanche les figures insérées dans le texte (pas de papier adhésif) ;
- Remettre l'exemplaire original ; pas de copie au carbone ni de photocopie.

PRESENTATION.

- Utiliser exclusivement du papier blanc de format Din A4 ;
- Maintenir le texte, dessins et figures dans un cadre de 160 x 240 mm au milieu de la feuille ;
- Dactylographier sur une seule face ;
- Dactylographier l'article en interligne 1 1/2 et les résumés en interligne simple ;
- Prévoir la place nécessaire dans le texte pour insérer les photos éventuelles ;
- Joindre les photos en y mentionnant au verso, le nom de l'auteur, le titre de l'article, le numéro de la figure, l'indication du haut et du bas (ne pas les coller aux places réservées) ;
- Veiller à ce que : - les légendes des figures, photos et tableaux soient explicites indépendamment du texte mais que d'autre part les références se retrouvent néanmoins dans le texte ;
 - les indications sur les figures et photos soient de dimension suffisante pour rester lisibles après réduction, tout en restant dans le cadre de 160 x 240 mm ;
 - les formules mathématiques apparaissent sur des lignes séparées et soient numérotées ;

- les fractions soient dactylographiées avec une barre de fraction oblique ;
- Numérotter les pages au crayon au verso.

SUBDIVISIONS (voir le schéma à la page suivante).

1) TITRE (en majuscules).

Veiller à ce que le titre contienne des mots clefs (en vue d'une recherche bibliographique ultérieure).

Sous le titre viennent dans l'ordre :

- le(s) auteur(s) (nom et initiales des prénoms) ;
- nom et adresse du laboratoire ou de l'institut.
- Garder 5 lignes en blanc afin de pouvoir y insérer la date de réception.

2) Résumé (interligne simple).

Tenir compte que le résumé peut paraître isolément dans un journal d'abstracts. Il donnera une brève description du contenu de l'article, le résultat final ou la conclusion (environ 10 lignes).

3) Article (interligne 1 1/2).

L'article est divisé en paragraphes, numérotés en chiffres arabes.

4) Références.

Suivre les mentions dans l'ordre : auteur(s), revue, volume, n° ou références document, (année de parution), page. Les extraits de recueil sont indiqués avec les titre, auteur, année et éditeur.

La communication du titre de la publication se fait uniquement si elle est nécessaire pour l'identification.

5) Traduction du résumé en néerlandais, anglais et allemand.

Les traductions du résumé paraissent après le texte de l'article et sont dactylographiées sur une page séparée en simple interligne. Le résumé dans la langue de la publication (qui paraît en première page) n'est pas repris. Les traductions du résumé peuvent être faites par la rédaction.

REMARQUES.

- Chaque auteur reçoit gratuitement 25 exemplaires de son article.

Il peut, sur demande, en recevoir plus au prix coûtant, à condition d'en préciser le nombre à la remise du manuscrit.

- Le nombre de photos (uniquement en noir et blanc) est limité à 4 par article ; les photos supplémentaires sont à charge de l'auteur.
- Le nombre total de pages devrait être de préférence un multiple de 4.
- Les textes non conformes aux directives ci-dessus sont retournés aux auteurs pour une nouvelle mise en page, ce qui allonge forcément le délai de parution.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming.

RICHTLIJNEN VOOR AUTEURS.

De auteurs van wetenschappelijke bijdragen of mededelingen die aanvaard worden voor publikatie in de "ANNALEN van de BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING" worden verzocht rekening te willen houden met de volgende richtlijnen.

DE GETIJPTE TEKST.

De door de auteur getijpte tekst wordt rechtstreeks afgedrukt (na reductie op 8/10). Om de afdruk mogelijk te maken en een goede leesbaarheid te bekomen, zijn de volgende richtlijnen te respekteren.

- Een goede, liefst elektrische, schrijfmachine gebruiken ;
- Een zwart nieuw lint gebruiken ;
- Zwarte inkt gebruiken voor handgeschreven formules en tekeningen ;
- Tekeningen op ware grootte in de tekst op de juiste plaats met witte lijm kleven (geen kleefband) ;
- Het origineel exemplaar indienen, geen doorslag of fotokopie.

PRESENTATIE.

- Uitsluitend wit papier gebruiken van Din A4 formaat ;
 - Tekst, tekeningen en figuren binnen een kader van 160 x 240 mm in het midden van het blad houden ;
 - Enkel op een zijde tijpen ;
 - De tekst met anderhalve tussenregels, de abstracts met enkele tussenregels tijpen ;
 - Ruimte voorzien in de tekst voor het eventueel inlassen van foto's ;
 - De foto's afzonderlijk bezorgen met melding op de keerzijde van naam van de auteur, titel van de publikatie, nummer van de figuur, melding van boven- en onderzijde (niet op de voorziene plaats kleven) ;
 - Zorgen dat - de bijschriften van figuren en tabellen zo duidelijk zijn dat zij kunnen begrepen worden zonder het artikel te lezen. Nochtans moet in de tekst de referentie naar deze figuren en tabellen terug te vinden zijn ;
 - meldingen op foto's en tabellen groot genoeg zijn om leesbaar te blijven na reductie maar steeds binnen de kader 160 x 240 mm blijven ;
 - de wiskundige formules op afzonderlijke lijnen voorkomen en genummerd zijn ;
 - de in de tekst voorkomende breuken met een schuine deelstreep geschreven worden ;
- Zorgen dat de bladzijden op de keerzijde met potlood genummerd worden.

INDELING (zie schema op volgende bladzijde).

1) TITEL (in hoofdletters).

Zorg er voor dat de titel enkele belangrijke trefwoorden bevat (met het oog op literatuur onderzoek).

Onder de titel, komen achtereenvolgens :

- auteur(s), naam en beginletter van voornaam ;
- naam en adres van het laboratorium of instituut.
- Vijf lijnen open laten voor eventuele melding van datum van ontvangst.

2) Samenvatting (enkele tussenregels).

Rekening houden dat deze samenvatting afzonderlijk in abstracts tijdschriften kan verschijnen. Ze moet een korte beschrijving van de inhoud van het artikel en de uitslagen of de conclusies weergeven (ongeveer 10 lijnen).

3) Artikel (anderhalve tussenregels).

Het artikel wordt ingedeeld in paragrafen genummerd met arabische cijfers.

4) Referenties.

Vermeldingen komen in de volgorde : auteur(s), tijdschrift, volume, nummer of referentie document (jaar van uitgave), bladzijde. Bij uittreksels van verzamelwerken worden deze laatste aangeduid met titel, auteur, jaar, uitgever.

Vermelding van de titel van het artikel enkel indien noodwendig voor identificatie.

5) Vertalingen van de samenvatting in Frans, Engels en Duits.

De vertalingen van de samenvatting komen na de tekst van het artikel en worden op een afzonderlijk blad met enkele tussenregels getijpt. De samenvatting in de taal van de publikatie (die op het eerste blad voorkomt) wordt niet hernomen. Vertalingen van de samenvatting kunnen door de redactie gedaan worden.

OPMERKINGEN.

- Elke auteur ontvangt gratis 25 uittreksels van zijn artikel.

Een hogere oplage is verkrijgbaar aan uitgifteprijs mits voorafgaande melding van het gewenst aantal bij binnenleveren van het manuscript.

- Het aantal foto's (enkel zwart wit) is beperkt tot 4 per artikel.

Bijkomende foto's vallen finantiëel ten laste van de auteur.

- Het totaal aantal bladzijden zal bij voorkeur een veelvoud van 4 zijn.

- De teksten die aan de hoger gegeven richtlijnen niet voldoen, worden naar de auteurs teruggezonden voor een nieuwe opstelling, hetgeen uiteraard de publikatie termijn verlengt.

ANNALES de l'ASSOCIATION BELGE DE RADIODPROTECTION.

ANNALEN van de BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS.

Authors of contributions or communications which have been accepted for publication are invited to read following instructions.

PRINTING.

The submitted text being reproduced as it is (after reduction to 8/10) it is necessary in order to obtain a clear readable text to comply with following instructions.

- Type preferentially with an electrical typewriter ;
- Use a black carbon or plastic ribbon ;
- Use black ink for handwritten mathematical notations and drawings ;
- Fix the figures which appear in the text with white paper glue (no adhesive tape) ;
- Submit the original (not a carbon copy nor a photocopy).

PRESENTATION.

- Use exclusively white Din A4 paper ;
- Keep the text, drawings and figures in a frame of 160 x 240 mm ;
- Type on one side only ;
- Type the article with 1 1/2 space and the abstract with single space ;
- Provide in the text the space for inserting photographs if necessary ;
- Provide the photographs with mention on the reverse of name of the author, title of the article, number, indication of up and down (do not fix them in the provided space) ;
- Care that - captions under figures, photographs and tables should be understandable without reference to the text although their references should be found in the text ;
 - size of lettering is such that letters and symbols remain legible after reduction ;
 - mathematical notations appear on separate lines and are numbered ;
 - fractions are typed with oblique fraction bar ;
- Number the pages with pencil on reverse.

SUBDIVISIONS.

- 1) TITLE (in caps) should contain some keywords for later bibliographical research.

Under the title, following this order :

- the author(s), surname and initials ;
- the name and address of laboratory or institution.

- 2) Abstract.

Begin the abstract 5 lines below the last by-line to allow for the date of receipt to be added.

The isolated abstract may be separately published in an Abstract Journal. It should contain a brief description of the content of the article, the final results or the conclusion (approximately 10 lines).

- 3) Article.

The article is divided in paragraphs numbered with Arabic numerals.

- 4) References.

The reference list should be compiled in the following manner :

author(s), name of Journal, volume, number or reference of document, (year of publication), page number. If there are excerpts from books, these are mentioned with title, author, year and editor. Title of the article is only mentioned when necessary for identification.

- 5) Abstracts in French, Dutch, German, English.

The translations of the abstract appear after the text of the article and are typed on a separate sheet with single space. The abstract in the language of the publication (which appears on first page) is not reproduced there. Translations of the abstracts can be done by the editors.

REMARKS.

- Twenty five reprints are provided free of charge to each author. Additional reprints can be obtained at reasonable cost if ordered when the proof is submitted.
- Photographs (black and white) are limited to 4 per article. Cost for supplementary photographs are charged to the author.
- Total number of pages should preferentially be a multiple of 4.

ANNALES de l'ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION.

ANNALEN van de BELGISCHE VLRENTGING VOOR STRALINGBESCHERMING

HINWEISE FÜR AUTOREN

Die Autoren von Beiträgen sind gebeten, folgende Hinweise zu beachten :

DRUCK

Das Manuskript wird unmittelbar mit einer Verkleinerung von 8/10 reproduziert. Um einen klaren, leserlichen Text zu erhalten, ist daher folgendes zu beachten : Manuskripte sollten mit schwarzem Farbband, möglichst mit der elektrischen Schreibmaschine geschrieben sein und das Original, keine Maschinen oder Photokopie, sollte eingereicht werden. Für handgeschriebene Formeln oder Zeichnungen gebrauche man schwarze Tinte (Ausziehtusche). Die im Text erscheinenden Abbildungen sollen mit weissem Papierleim, nicht mit Klebband, befestigt werden.

FORMAT

- Text : ausschliesslich auf DIN A4 Papier, einseitig mit $1\frac{1}{2}$ -fachem Zeilenabstand geschrieben ;
- Abstract : wie Text, aber einzeilig ;
- Text, Zeichnungen und Abbildungen innerhalb eines Rahmers von 160 x 240 mm ;
- Im Text soll der Platz für vorgesehene Photographien freigelassen werden ;
- Photographien werden auf der Rückseite mit dem Namen des Autors, dem Titel des Artikels, der Nummer und der Bezeichnung von Ober und Unten beschriftet, aber nicht eingeklebt ;
- Man achte darauf - dass die Legenden zu den Abbildungen, Photographien und Tabellen ohne Bezugnahme auf den Text verständlich sind ;
 - dass sich Hinweise darauf im Text finden sollten ;
 - dass die Beschriftung gross genug ist, damit sie auch nach Verkleinerung lesbar bleibt ;
 - mathematische Formeln sollen in separaten Zeilen erscheinen und nummeriert sein, Fraktionen sollen mit Schrägstrich geschrieben sein
- Die Seiten sind mit Bleistift auf der Rückseite zu nummerieren.

GLIEDERUNG

- 1) TITEL (in Grossbuchstaben) sollte Schlüsselworte enthalten, um eine bibliographische Suche zu ermöglichen.
Unterhalb des Titels folgen
 - Autor(en), Familienname und Initialen oder Vornamen, Name und die Anschrift des Labors oder Instituts.

- 2) ZUSAMMENFASSUNG : Die Zusammenfassung beginnt 5 Zeilen unterhalb der letzten Titelzeile, um das Datum des Empfangs einzufügen.
Die Zusammenfassung sollte eventuell separat in einem Abstract Journal veröffentlicht werden können und sollte eine kurze Beschreibung des Inhalts des Artikels und die Schlussfolgerungen enthalten (etwa 10 Zeilen).

- 3) ARTIKEL : Der Artikel wird in mit arabischen Zahlen numerierte Abschnitte gegliedert.

- 4) LITERATURVERZEICHNIS : Das Literaturverzeichnis wird wie folgt geschrieben :
Autor(en), Zeitschrift, Band, Nummer oder Jahr, Seite. Auszüge aus Büchern werden mit Titel, Autor, Jahr und Herausgeber zitiert. Der Titel einer Arbeit wird nur angegeben, wenn er für die Identifizierung erforderlich ist.

- 5) Zusammenfassungen in Französisch, Niederländisch, Deutsch und English. Die Zusammenfassungen folgen dem Text des Artikels jeweils auf einer separaten Seite, einzeilig geschrieben. Die Zusammenfassung in der Originalsprache, die auf der ersten Seite erscheint, wird nicht wiederholt. Die Übersetzungen können, wenn erforderlich, vom Herausgeber besorgt werden.

BEMERKUNGEN

Jedem Autor werden 25 freie Sonderdrucke geliefert.

Zusätzliche Sonderdrucke können zu vernünftigen Preisen bei Zurücksendung der Fahnenabzüge bestellt werden.

Die Anzahl der schwarz-weißen Photos pro Artikel ist auf vier begrenzt.

Zusätzliche Photos gehen zu Lasten des Autors.

Die Gesamtzahl der Seiten sollte, wenn möglich, ein Vielfaches von Vier betragen.

ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION

BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING

LISTE DES MEMBRES - LEDENLIJST

1982

ABRAHAM J.P. (Centr.Nucl.Tihange)	Rue de l'Industrie 1, 5201 Tihange (Ir)
ABSIL P.	Av. Jouret 12, 7800 Ath (Dr)
ALDERHOUT J. (EURO)	Luxemburglaan 5, 2440 Geel (Chim)
ALLARD V. (UM)	Bd. Mettwie 71, 1080 Bruxelles (Dr)
ALLEVAERT J.	Ridder de Gellincklaan 6, 9820 St. Denijs-Westrem (Dr.Sc)
ANDRE G. (UM)	Rue Marianne 40, 1180 Bruxelles (Ir)
ANDRE B. (Carbochim)	Rue de la Carbo, 7340 Tertre (Chim)
APERS D. (UCL)	Naamsesteenweg 507, 3030 Heverlee (Prof)
BAEKELANDT L. (MSP)	Donkstraat 13, 9168 Moerzeke (Phys)
BAILLOT P. (ULg)	Rue Lavaniste 176, 4410 Herstal (Ass)
BALLE-HELAERS E. (Mme)	Rue A. Renard 55, 1060 Bruxelles (Dr)
BALLIAUX A. (Ass.Vinçotte)	Patrijzenlaan 15, 1510 Buizingen (Ir)
BARUH-GILLARD J.(Mme) (MSP)	Av.du Feuillage 7, 1180 Bruxelles(Chim)
BAUDELET C. (Ass.Vinçotte)	Rue d'Acoz, 6071 Châtelet (Ir)
BAUDUIN J.C. (MDN)	Av. Palfijn 102, Bte 9, 1090 Bruxelles (Ir)
BAUGNET J.M. (CEN/SCK)	Europawijk 8, 2440 Geel (Ir)
BAUWENS M.	Mgr. Van Maerlaan 54, 8500 Kortrijk (Dr)
BERCY A. (ULg)	Rue Trieu du Charnoy 50, 6300 Acoz (Dr)
BEUMIER A. (UCL)	Pl. E. Keym 43, Bte 17, 1170 Bruxelles (Math)
BODART F. (Fac.Un.Namur)	Rue Deprez 5, 5004 Bouge (Phys)
BODSON N.	Quai Gloesener 5, 4000 Liège (Dr)
BONNET M.P. (Nucleobel)	Rue J.Vanderlinden 9, 1180 Bruxelles(Ir)
BOSSUT M.	Engelselaar 6, 1990 Hoeilaart (Dr)
BOUDENGEN B.	Keusekouter 57, 9810 Drongen (Chim)
BOULENGER R.R. (CoRaPro)	Villa 15, Boeretang 284, 2400 Mol (Phys)
BOUQUIAUX J. (MSP)	Square Marie-Louise 56, 1040 Bruxelles (Chim)

BOURDA Z. (RUG)	Gordunakaai 18, 9000 Gent (Dr)
BRUYNS A. (Hôpital St.Gilles)	Av. du Parc 39, 1060 Bruxelles (Dr)
CANTILLON G. (MSP)	Bd. Brand Whitlock 142, 1200 Bruxelles (Pharm.)
CAROYER J.M.	Rue Uyttenhove 9, 1090 Bruxelles (Dr)
CAUSSIN J. (UCL)	Rue Vanden Bossche 27, 1140 Bruxelles (Ass)
CENTNER B. (Electrobel)	Av. des Touristes 19, 1150 Bruxelles(Ir)
CHAMPION J.L.	Rue Alban Poulet 12, 4600 Chênée (Phys)
CLASENS R. (Nuclex)	B.P. 1423, 1000 Bruxelles (Arch)
COLARD J. (CEN/SCK)	Strasbourglaan 12, 2400 Mol (Phys)
COLLARD J.	Rue du Palais 14, 4800 Verviers (Dr)
COMPTDAER Y. (RUG)	Normandlaan 18, 8430 Middelkerke (Dr)
CONSTANT R. (I.R.E.)	Av. du Nord de Gilly 220, 6220 Fleurus (Dr.Sc)
COOLENS L.	Aldestraat 53, 3500 Hasselt (Dr)
COOMANS J. (Controlatom)	Boomgaardoord 10, 1950 Kraainem (Ass)
COOSEMANS R. (UM)	Av. Z. Gramme 1, 1810 Wemmel (Dr)
CORDIER J.M.	6e Av. 76, 6001 Marcinelle (Dr)
CORNELIS G.	K.Leopold II laan 72 , 9000 Gent (Dr)
CULOT J.P. (CoRaPro)	Berkvenstraat 96, 2400 Mol (Phys)
CUVELIER (ACEC)	ACEC Division nucléaire, 6000 Charleroi
CZERWIEC W. (Kerncentr. Doel)	Wilgengaarde 8, 1720 Groot-Bijgaarde(Ir)
CZERWIEC-POTE J. (Mevr.)	Wilgengaarde 8, 1720 Groot-Bijgaarde(Ir)
DANCOT H.	Rue Meyerbeer 24, 1180 Bruxelles (Dr)
DEAN A. (Philips)	Pl. de Brouckère 2, Bte 1, 1000 Bruxelles (Ass)
DEBACKER J. (RUG)	Coupure 173, 9000 Gent (Dr)
DEBAUCHE A. (IRE)	Rue St. Lambert 17A, 5880 Tourinnes- St. Lambert (Phys)
DEBRY A. (MDN)	Waalsebaan 57, 1980 Tervuren (Dr)
DECHAMPS L (UM)	Av. du Manoir 56, 1180 Bruxelles (Ir)
DECKERS C.	St. Jansbergsteenweg 303, 3030 Heverlee (Dr)
DECLERCQ-VERSELE H. (Mevr.)(MSP)	Bloemhof 68, 1630 Linkebeek (Chim)
DECLERK A. (KUL)	Sneppedreef 12, 8200 Brugge (Dr)
DEFAYS F.	Rue de Lustin 1b, 5330 Assesse (Dr)
DEJONGHE P. (CEN/SCK)	Boeretang 262, 2400 Mol (Agr)

DELABARRE P.	Vlieguit 5, 9830 St.Martens Latem (Dr)
DELHOVE J. (Controlatom)	Av. de la Malmaison 49, 1410 Waterloo (Ir)
DELWAIDE P. (ULg)	Rue des Bonnes Villes 1, 4000 Liège (Dr)
de MAERE d'AERTRYCKE X. (CEN)	Av. des Tourterelles 8, 1950 Kraainem (Ir)
DEMULDER R. (Philips)	Pl. de Brouckère 2, Bte 1, 1000 Bruxelles (Dr)
DEMUYNCK G.	Raamstraat 1, 8000 Brugge (Dr)
DEMUYNCK H. (RUG)	Lakenmeerstraat 46, 9730 Nazareth (Ass)
JENAYER F.	Jachtlaan 37, 1040 Brussel (Dr)
DE PLAEN P.	Rue de Crayer 18, 1050 Bruxelles (Dr)
de RAS E. (BCMN)	Turnhoutsebaan 264, 2400 Mol (Ir)
DE ROO M.	Herendreef 26, 3030 Heverlee (Dr)
DEROUAUX J. (ULg)	Rue Simonon 13, 4000 Liège (Dr)
DERWAE J. (ITSE)	Koudenaerdestraat 43, 1710 Dilbeek (Chim)
DE SAEDELEER G. (UCL)	Rue du Champion 21, 1070 Bruxelles (Dr.Sc.)
DE SCHRYVER A. (RUG)	Bosstraat 47, 9830 St. Martens Latem(Dr)
DE SLOOVERE J. (Kerncentr.Doe1)	W. Van Laarstraat 27, 2600 Berchem (Dr)
de THIBAUT de BOESINGHE L.(RUG)	St. Martenstraat 10, 9000 Gent (Dr)
DETILLEUX E. (EURO)	Straatsburglaan 32, 2400 Mol (Dr)
DETROUX L. (UCL)	Langeveld 101, 1180 Bruxelles (Dr)
DE VEIRMAN M. (Mevr.)	Solvynstraat 48, 2000 Antwerpen (Dr)
DEVLESAVER C.	Rue de Turenne 44, 6000 Charleroi (Dr)
DIERKENS F. (Electronucléaire)	Rue de la Pépinière 41, 1000 Bruxelles(Ir)
DOPCHIE H. (Ass.Vinçotte)	Ass. Vinçotte, 1640 Rhode-St.Genèse (Ir)
DOR L.	Route de Philippeville 11, 6270 Loverval (Dr)
DOUMONT P. (Centr.Nucl.Tihange)	Les Golettes 104, 5201 Tihange (Ir)
DOUWEN M. (MH)	Martelarenstraat 99, 2400 Mol (Ir)
DRESSE H. (Electrobel)	Warandeborg 47, 1970 Wezembeek-Oppem (Ir)
DREZE P. (Camira)	Rue J. Delhay 11, Belgrade (Chim)
DROISSART (UM)	Rue Konkel 29, 1150 Bruxelles (Math)
DRYMAEL H. (Ass.Vinçotte)	Rue du Repos 11, 1180 Bruxelles (Ir)
DUFOUR J.M.	Rue Bohémont 12, 6800 Bertrix (Chim)
DJLCINO J. (CEN/SCK)	Beemdestraat 4, 2300 Turnhout (Chim)
DJMONT G. (UM)	Rue Demolder 11, 1341 Ceroux-Mousty (Ir)
DJQUENNE-FONTENELLE(Mme) (FN)	Av. de l'Observatoire 64, 4000 Liège(Ir)
DUSONG M. (Electrobel)	Roeselaerstraat 2, 9562 St.Antelinks(Ir)

DUWELZ E.	Grands-Près, Pont Canal 467 7000 Mons (Ass)
EGGERMONT G. (RUG)	R. Soenenspark 31, 9820 St.Denijs- Westrem (Dr.Sc)
FAES M.(CEN/SCK)	Fazantendreef 13, 2850 Keerbergen (Dr)
FEREMANS W. (ULB)	Av. Château de Walzin 9, Bte 1, 1180 Bruxelles (Dr)
FIEUW G. (CEN/SCK)	Boeretang 233, 2400 Mol (Ir)
FOSSOUL E. (BN)	Av. d'Huart 221, 1950 Kraainem (Ir)
FRAIX J. (Intercom)	Rue de l'Inradji 1, 1400 Nivelles (Ir)
FRANCHOIS H. (Kerncentr. Doel)	Dennenlaan 48, 2758 Haasdonk (Ir)
FUGER J.M. (ULg)	Lab. Chimie Analytique et Radiochimie(B6) Université de Liège, 4000 Sart Tilman- Liège (Dr.Sc)
GARSOU J. (ULg)	Rue Ed. Jacquemotte 53, 4500 Jupille-sur- Meuse (Dr.Sc)
GAYE P.	Trieu Macotte 126, 6591 Macon (Pharm)
GEBRUERS B.	Alfons Dewitstraat 69, 3079 Meerbeek(Ass)
GENET P.	Rue de l'Eglise 4, 7970 Beloeil (Dr)
GODFROI E.E.	Rue de l'Europe 12, 4100 Seraing (Dr)
GOENS J.	Av. des Petits Bois 16, 1640 Rhode-Saint-Genèse (Ir)
GOOSSENS H. (FBFC)	Leopoldlaan 16, 2400 Mol (Ir)
GOUTIER R. (ULg)	Bd. de la Constitution 32, 4000 Liège (Dr)
GOVERNEUR J.C.	Rue des Noisetiers 3, 6290 Nalinnes (Dr)
GREER J.L. (Electrobel)	Rue des Viaducs 101, 7450 Nimy (Ass)
GUEBEN M. (Centr.Nucl.Tihange)	Av. de l'Europe 2, 5200 Huy (Ir)
GUILLAUME J. (ULg)	Rue de la Vieille Tour 2, 4030 Liège- Grivegnée (Ass)
HAVAUX A. (Controlatom)	Av. des Avocettes 15, 1420 Braine- l'Alleud, (Ir)
HAUT H. (UCL)	Neutronothérapie, Tour Claude Bernard, UCL 54.69, Av. Hippocrate 54, 1200 Bruxelles (Ir)
HENKINBRANT J.M.	Rue De France 32, Bte 5, 4800 Verviers(Dr)
HENRIST M. (ULg)	Rue Prof. Mahaim 3, 4200 Ougrée (Dr.Sc)
HENRY F.	Av. Père Damien 88, 1150 Bruxelles (Dr)
HENRY J. (ULB)	Av. Defré 267, 1180 Bruxelles (Dr)

HERMAIS J. (St.Jan-Brugge)	Malehoeklaan 136, 8310 Brugge (Ing.Ind.)
HEUSE A. (ULB)	Rue Ten Bosch 85, Bte 78, 1050 Bruxelles (Dr)
HEUSGHEM C. (ULg)	Rue des Bonnes Villes 1, 4000 Liège(Pharm)
HIEMELEERS J.(MH)	Leemanslaan 35, 2430 Olen (Chim)
HOLVOET A.	Groeningebaun 44, 8500 Kortrijk (Dr)
HOSTE J. (RUG)	Instituut voor Nucleaire Wetenschappen Rijksuniversiteit Gent, Proeftuinstraat Proeftuinstraat 80, 9000 Gent (Chim)
HUBERT E.H. (UEEB)	Drève de Soetkin 58A, 1070 Bruxelles (Ir)
HUBLET P. (MET)	Rue Kindermans 14, 1050 Bruxelles (Dr)
HUYSKENS C.	Stralingsbescherming Dienst T.H. Einthover Postbus 513, Eindhoven, Nederland (Ir)
JACOBS R. (RUG)	Grotenbroek 40, 9745 Semmerzake (Dr.Sc)
JACQUEMIN R. (IRE)	Av. de la Pairelle 39, 6269 Aiseau- Presles (Ass)
JACQUERYE R. (UCL)	Venelle des Mérisiers 22, 1301 Bierges (Dr.Sc)
JACQUES P. (KUL)	Hoogstraat 23, 3043 Bierbeek (Dr)
JANSSENS A. (RUG)	Helstwegel 1, 9210 Heusden (Phys)
JOLIVET A. (CEE)	Av. Château de Walzin 9, 1180 Bruxelles (Dr)
JONCKHEER M. (VUB)	Heilsborrestraat 2A, 1700 Asse (Dr)
JOVANOVIC D. (UCL)	Tiensesteenweg 87, 3040 Bierbeek (Dr)
KEUSTERS J.	Ganzendries 85, 3041 Pellenberg (Dr)
KEYEUX A. (UCL)	Rue Jules Larivière 127 5218 Landenne s/Meuse (Dr)
KIRCHMANN R. (CEN/SCK)	Rue Cardinal Cardijn 5, 4480 Oupeye(Agr)
KIRSCH-VOLDERS M. (Mevr.)(VUB)	Lab. Antropogenetica VUB, Pleinlaan 2, 1050 Bruxelles (Vet.)
KOCH G. (CEN/SCK)	Boeretang 234, 2400 Mol (Chim)
LADRIELLE T. (Controlatom)	Av. Charles de Lorraine 20, 1420 Braine- L'Alleud (Dr.Sc)
LAFONTAINE A. (MSP)	Bd. Brand Whitlock 95, 1040 Bruxelles(Dr)
LAFONTAINE I. (BN)	Engelandlaan 6, 2440 Geel (Chim)
LAMBOTTE J.M. (MSP)	Av. J.S.Bach 24, 1080 Bruxelles (Ass)
LARDINOIS A. (CPAS Bruxelles)	Av. des Glycines 10, 1030 Bruxelles (Dr)
LECOMTE P (ULB)	Bloemendaal 7, 1650 Bruxelles (Dr)

LEJEUNE P. (MSP)	Av. Commandant Lothaire 50, 1040 Bruxelles, (Dr)
LEJEUNE S. (ULB)	Av. Provinciale 7, 1341 Ceroux-Mousty (Ir)
LEMAKIEU S.	Freren Fonteinstraat 8, 8000 Brugge (Dr)
LEMAIRE M. (Mme)	Rue Colson 31, 4431 Loncin (Dr)
LEROY R. (CEN/SCK)	Domaine du Bois du Roi 7, 7141 Epinois (Ass)
LESCOT J.P. (Sabena)	Service Médical, Aérodrome National 1930 Zaventem (Dr)
LINCHET G. (UCL)	Av. Napoléon 3, 1420 Braine l'Alleud (Dr)
LION G.	Av. des Châtaigniers 10, 1150 Bruxelles (Dr)
LOODTS P.	Rue Streef 17, 4283 Hannut (Dr)
LORIDAN W. (Forum Nucl.)	Rue de la Pépinière 36, 1000 Bruxelles (Ing.Comm.)
LUJA M.	H. Consciencelaan 3, 8401 Bredene (Dr)
LUYKX F. (CEE)	Commission des Communautés européennes Blg. Jean Monnet, Kirchberg, Luxembourg Grand-Duché (Ir)
MAES D. (MDN)	Av. des Pinsons 6, 1420 Braine l'Alleud (Ir)
MAES G. (CEN/SCK)	Collegestraat 60, 2300 Turnhout (Dr)
MAESEN L. (Centr.Nucl.Tihange)	Quartier des Ardennes 2, 5570 Beauraing (Ir)
MAISIN H.	Rue de Grez, 5989 Bossut-Gottechain (Dr)
MAISIN J. (CEN/SCK)	Radiobiologie CEN/SCK, 2400 Mol (Dr)
MALENGREAUX J. (Unerg)	Rue Au long Pré 17, 4920 Embourg (Ir)
MAMBOUR C. (Controlatom)	Rue Sainte-Anne 34, 6238 Luttre (Ass)
MANCHE P. (Techni-Test)	Rue du Lac 40, 1050 Bruxelles (Ir)
MASSCHELEIN W. (CIBE)	Av. des Tourterelles 32, 1150 Bruxelles (Dr.Sc)
MATHY J.	Av. des Pâquerettes 22, 1420 Braine l'Alleud (Dr)
MAUGUIS M.L. (ULg)	Parc du Bay Bonnet 5/31, 4620 Fléron (Ass)
MEERT D.	Canberra-Positronika N.V., Polderstraat 26 9400 Ninove (Ass)
MEERT L.(KUL)	Verbindingslaan 86, Bus 52, 3030 Leuven (Ass)
MERCHIE G. (ULg)	Quai de Rome 56/091, 4000 Liège (Dr)
MERCKX R. (Gevaert)	Gevaert-Agfa N.V., 2510 Mortsel (Dr)
MERGAN Y. (Mme)	Av. Beau Séjour 62, 1180 Bruxelles (Dr)

MICHAUX J.	Chssée de Châtelet 59,Bte 2, 6060 Gilly (Dr)
MINET P.	Rue du Vieux Mayeur 2, 4000 Liège (Dr)
MINON J.P. (Ass.Vinçotte)	Av. du Bois de la Cambre 184, Bte 3, 1050 Bruxelles (Ir)
MOERMAN J. (RUG)	Holeinde, 9288 Kalken (Dr)
MORRE M.	Sabina v.Beierenlaan 18, 9620 Zottegem (Chim)
MOTTE F. (CEN/SCK)	Europawijk 1, 2440 Geel(Ir)
NORDVIK N. (SNCB)	Av. de Tervuren 116, 1040 Bruxelles (Dr)
NUYTS R. (MET)	A. Drouartlaan 32, 1160 Brussel (Ir)
OSIPENCO A. (EURO)	Boeretang 263, 2400 Mol (Ir)
PAHAUT H.	Route de Hesbaye 75, 4000 Liège (Dr)
PENELLE G. (CoRaPro)	Kievitstraat 150, 2400 Mol (Ir)
PEPERSACK J.P. (SABCA)	Av. de la Floride 100, 1180 Bruxelles(Dr)
PESCHE A. (ULg)	Av. Nicolaï 14, 4802 Verviers (Math)
PHILIPS R. (Landis & Gyr)	Gergelstraat 48, 1970 Wezembeek-Oppem(Ass)
PIRET P. (ULg)	Av. Clemodeau 195C, 4155 Villers-le-Temple (Ir)
PIRON A. (Bordet)	Av. A. Huysmans 41, 1050 Bruxelles (Phys)
POELAERT M. (UCL)	Rue du Roetaert 25, 1180 Bruxelles (Phys)
POFFYN A. (RUG)	Burggravenlaan 102, 9000 Gent (Dr.Sc)
POLAK A.	Hazeltonk 21, 9168 Moerzeke (Ass)
POMA K.	Kerkelui 40, 2610 Wilrijk (Chim)
POSKIN M. (BN)	Av. Marie la Misérable 11, 1150 Bruxelles (Ir)
POTEMANS M. (Kerncentr. Doel)	Dijlestraat 35, 2850 Keerbergen (Ir)
QUAEGHEBEUR L.	Dr. Van de Perrelei 29, 2200 Borgerhout (Dr)
RANSBOTYN J. (UCL)	Av. Vanden Thoren 30, 1160 Bruxelles (Ir)
RECHT P. (CEE)	Av. Winston Churchill 163,Bte 23,1180 (Br, Dr)
REGIBEAU A. (UCL)	Rue de l'Ornoy 15A, 5870 Mont St. Guibert (Ass)
RODERBOURG J.	Rue du Houx 36, 1170 Bruxelles (Agr)
ROELS J.F.M.	B.P. 247 Kinshasa XI,Rép. Zaïre (Ass)
ROGGEN G. (ULB)	Av. Jupiter 87, 1190 Bruxelles (Dr)
ROOSE J.	Ph. Devosstraat 19, 1710 Dilbeek (Ir)
ROOSEMONT G. (Mevr.)	Coosemansstraat 99/6, 3200 Leuven (Dr)
SAINT-GEORGES J.C.	Rue des Sables 103, 4100 Seraing (Dr)

SCHONKEN P. (KUL)	Corbielaan 15, 3060 Bertem (Chim)
SCHOULEUR L. (MIBLÉ)	Rue des Deux-Gares 80, 1070 Bruxelles(Dr)
SEGAERT O. (RUG)	Beukenlaan 46, 9820 St. Denijs-Westrem (Dr.Sc)
SELLESLAGH E. (Kerncentr. Doel)	Dennenlaan 42, 2758 Haasdonk (Ir)
SIMON S. (Melle)	Av. de l'Université 49, 1050 Bruxelles(Dr)
SMEETS J. (CEE)	Bosdallaan 50, 1950 Kraainem (Agr)
SMONS A.	Quai Churchill 6B Bte072, 4020 Liège(Chim)
STALLAERT P. (MET)	Molenstraat 38, 9360 Buggenhout (Ir)
STIEVENART-GODEAU C. (Mme)	Av. A. Huysmans 206, Bte 10, 1050 Bruxelles (Phys)
SWYSEN M. (SMIB)	Bd. A. Reyers 148, 1040 Bruxelles (Dr)
TASNIER A.	Miksebaan 81, 2130 Brasschaat (Dr-
THIELENS G. (RUG)	Willem Tellstraat 19, 9000 Gent (Dr.Sc)
THYSSENS L.	Maarschalk Gerardstraat 27, 2000 Antwerpen (Ir)
TOUSSAINT G.	Berkenlaan 7B, 2610 Wilrijk (Dr)
VAN CRAENENBROECK W. (AWW)	Varenstraat 18, 2560 Rumst (Dr.Sc)
VAN DAM J. (St.Rafaël Leuven)	Dienst Radiotherapie B, Acad. Ziekenhuis St. Rafael, 3000 Leuven (Phys)
VAN DEN DAMME R. (Intercom- Electrobel)	Place du Trône 1, 1000 Bruxelles (Ir)
VAN DEN WINKEL P. (VUB)	Vosholleweg 7, 9440 Erembodegem (Dr.Sc)
VANDERBECKEN F.	Av. Winston Churchill 195, 1180 Bruxelles (Dr)
VAN DER BORGHT O. (CEN/SCK)	Kraaibossen 25, 2440 Geel (Dr.Sc)
VAN DER STRICHT E. (CEE)	Commission des Communautés européennes Bldg. Jean Monnet, Kirschberg, Luxembourg Grand-Duché, (Chim)
VAN ELST P. (Henricot)	Rue de l'Eglise 7A, 1482 Couture - Saint-Germain (Dr)
VAN GIJSEL T.	Vilstraat 50, 3511 Kuringen (Dr)
VAN GRIEKEN R.	Universitaire Instelling Antwerpen, Dept. Scheikunde, Universiteitsplein 1, 2610 Wilrijk (Dr.Sc)
VAN HOECK G.	Rue du Seigneur 25, 1410 Waterloo (Ass)
VAN LABEKE O. (ITSE)	Huismanstraat 21, 1550 Vollezele (Chim)
VAN MALDER M. (Controlatom)	Steenweg op Wemmel 1E, 1881 Brussegem (Ass)

VAN MEIRHAEGHE A. (RUG)	Aalbessenlaan 21, 9030 Wondelgem (Dr)
VAN MIERLO F. (CEN/SCK)	Maria van Zimmerenstraat 27, 2300 Turnhout (Ass)
VAN MULDER J. (Traction-Electricité)	Av. P. et J. Carsoel 80, 1180 Bruxelles (Ir)
VAN OUYTSEL J. (MH)	Lichtaartseweg 193, 2410 Herentals (Chim)
VAN ROY R. (SNCB)	Av. Béosier 5, 3200 Vessel-Lo (Dr)
VERHAMME E. (MH)	Metallurgie Hoboken, 2430 Olen (Dr)
VIJFEYCKEN J.	Chaussée de Boitsfort 122, 1170 Bruxelles (Dr)
WAMBERSIE A. (UCL)	Rue A. Matton 30, 1302 Dion-Valmont (Dr)
WESPES J.P. (Electrobel)	Allée de la Fragne 6, 1400 Nivelles (Ir)
WILLE C.	Nieuwlandstraat 83, 8400 Oostende (Dr)
WINANT M. (Fabricom)	Av. du Globe 245, 1180 Bruxelles (Ass)
WULLAERT L.	Duivenplein 6, 8000 Brugge (Ing.Ind.)

ABREVIATIONS - AFKORTINGEN

AWW	Antwerpse Water Werken
BN	Belgonucléaire
Camira	Comité d'Application des Méthodes Isotopiques aux Recherches Agronomiques - C/O Institut Agronomique Gembloux
CEE	Communautés Européennes - Europese Gemeenschappen
CEN/SCK	Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire Studie centrum voor Kernenergie
CoRaPro	Contrôle Radioprotection
EURO	Eurochemic
FBFC	Franco Belge de Fabrication de Combustibles
IRE	Institut National des Radioéléments Nationaal Instituut voor Radio-elementen
ITSE	Institut Supérieur de l'Etat pour les Sciences nucléaires appliquées - Hoger Rijksinstituut voor Kernenergiebedrijven
KUL	Katholieke Universiteit Leuven
MAEE	Ministère des Affaires économiques et de l'Energie Ministerie van Economische Zaken en Energie
MBLE	Manufacture Belge de Lampes et de Matériel Electronique
MDN	Ministère de la Défense nationale - Ministerie van Landsverdediging

MET	Ministère de l'Emploi et du Travail - Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid
MH	Metallurgie Hoboken - Overpelt
MSP	Ministère de la Santé publique - Ministerie van Volksgezondheid
RUG	Rijksuniversiteit Gent
SNCB	Société nationale des Chemins de Fer Belges - NMBS Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen
UCL	Université Catholique de Louvain
ULB	Université libre de Bruxelles
ULg	Université de l'Etat à Liège
UM	Union Minière S.A.
VUB	Vrije Universiteit Brussel
Ass	Membre associé - Buitengewoon Lid
Agr	Diplôme en Agronomie - Diploma in Landbouwkunde
Chim	Diplôme en Chimie - Diploma in Scheikunde
Dr	Diplôme en Médecine - Diploma in Geneeskunde
Dr.Sc.	Diplôme de Docteur en Science - Dokter in Wetenschappen
Ing.Com.	Ingénieur Commercial - Handelsingenieur
Ir	Ingénieur civil - Civiele ingenieur
Math	Diplôme en Mathématiques - Diploma in Wiskunde
Pharm	Pharmacine - Apotheker
Phys	Diplôme en Sciences Physiques - Diploma in de Natuurkunde
Vet	Diplôme en Sciences Vétérinaires - Diploma in Dierkunde