

**Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming**

VOL. 8, N° 3

3^e TRIM 1983

Driemaandelijks
Periodiek

Périodique
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 Wytsmannstraat
1050 Bruxelles - Brussel

Secrétaire de Rédaction

Publikatie van teksten in de Annalen
gebeurt onder volledige verantwoorde-
lijkheid van de auteurs.

Les textes publiés dans les Annales
le sont sous l'entière responsabilité
des auteurs.

INHOUD

Dit nummer bevat :

- teksten van uiteenzettingen gedaan op 5 november 1982 ter gelegenheid van een vergadering van de B.V.S. in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne met als thema :

STRALINGSBESCHERMING EN WETGEVING.

- Ir R. NUYTS :

Administratieve en technische karakteristieken van de Belgische reglementering aangaande de bescherming tegen ioniserende stralen.

143 - 162

- Prof. Dr. P. HUBLET :

La surveillance de la santé des travailleurs exposés aux radiations ionisantes.

163 - 188

Het toezicht op de gezondheid van werknemers blootgesteld aan radioioniserende stralen.

189 - 214

- de samenvattingen van uiteenzettingen voorgedragen op het departement Radiobiologie te Mol op 14 juni 1983 ter gelegenheid van een dag vergadering gewijd aan :

"TECHNETIUM IN THE ENVIRONMENT".

- C.T. GARTEN :

A summary of field and greenhouse experiments at ORNL on the plant-soil relationships of Technetium.

218 - 227

- P. ROUCOUX :

Technetium absorption mechanisms in plants.

228 - 230

- L. PIGNOLET :

Effects of ^{99}Tc on a free N_2 Fixator, *Anabaena* sp.

231 - 232

- G. DESMET :

Biochemical speciation of Technetium in leaves of spinach.

233 - 236

- S. BONOTTO :

Behaviour of Technetium in several marine algae.

237 - 243

- R. VAN BRUWAENE :

Technetium metabolism in sheep.

244 - 248

- R. KIRCHMANN :

Concluding remarks.

249 - 250.

SOMMAIRE

Ce numéro contient :

- des textes d'exposés faits le 5 novembre 1982 lors d'une réunion de l'A.B.R. en collaboration avec la Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne, ayant pour thème :

PROTECTION CONTRE LES RADIATIONS ET LEGISLATION.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, vol. 8, n° 3 (1983).

ADMINISTRATIEVE EN TECHNISCHE KARAKTERISTIEKEN VAN DE BELGISCHE REGLE-
TERING AANGAANDE DE BESCHERMING TEGEN DE IONISERENDE STRALINGEN.

ir. R. NUYTS

Inspecteur-generaal
Technische Inspectie
Administratie van de arbeidsveiligheid.
Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid,
Belliardstraat, 53, 1040 Brussel.

Samenvatting.

Er wordt gehandeld over een aantal onderwerpen waaromtrent de richtlijnen van de Europese Gemeenschap ruim plaats hebben gelaten voor van land tot land verschillende aan het land aangepaste beschikkingen.

Inzake die onderwerpen wordt een beeld gegeven van hoe de Belgische Overheid aan de meest betekenisvolle ervan een meer nauwkeurige inhoud heeft gegeven.

Worden achtereenvolgens behandeld :

- vergunnings- en aangiftestelsel van inrichtingen;
- diensten voor fysische controle en erkende organismen;
- erkenning van deskundigen en organismen;
- toezicht.

Enkele in de toekomst mogelijke aanpassingen van de reglementering, van administratieve of technische aard, worden aangestipt.

I. INLEIDING.

In het kader van een gemeenschappelijke studiedag van de Nederlandse Vereniging voor stralingshygiëne en de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, met als thema de Nederlandse en de Belgische reglementering inzake stralingsbescherming, werd met deze bijdrage gehandeld over de administratieve en technische karakteristieken van de Belgische reglementering aangaande de bescherming tegen de ioniserende stralingen.

Op 2 februari 1959 heeft de toenmalige Europese Gemeenschap voor Atoomenergie richtlijnen uitgevaardigd tot vaststelling van de basishnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werknemers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren. De Lidstaten van de Europese Gemeenschap waren er toe gehouden deze richtlijnen in hun nationale reglementering terzake om te zetten.

Bij de Richtlijn van 27 oktober 1966 werd aan voornoemde richtlijn enkele wijzigingen aangebracht.

Men mag er van uitgaan dat in de thans in België en in Nederland bestaande wetgevingen terzake, en met deze richtlijnen nauwgezet werd rekening gehouden.

Deze richtlijnen drukken zich voor een zeker aantal onderwerpen in betrekkelijk algemene termen uit en laten voor die onderwerpen er dan ook ruim plaats voor van land tot land verschillende aan het land aangepaste beschikkingen.

De aandacht zal gaan naar enkele van deze laatste onderwerpen en er zal worden getracht een algemeen beeld te geven van hoe de Belgische overheid aan de meest betekenisvolle ervan, die van administratieve en van technische aard zijn, een meer nauwkeurige inhoud heeft gegeven.

Hierbij wordt niet gehandeld over, invoer, doorvoer en verdeling van radioactieve stoffen noch over het vervoer ervan en evenmin over geneeskundige toepassingen.

Het Belgisch Algemeen Reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van ioniserende stralingen werd opgesteld in het begin van de jaren 1960 en maakt het voorwerp uit van het koninklijk besluit van 26 februari 1963. Bij de koninklijke besluiten van 17 mei 1966, 22 mei 1967, 23 december 1970 en 23 mei 1972 werden er enkele wijzigingen aan aangebracht.

Daar voorheen in andere reglementaire domeinen in België reeds een ruime ervaring werd opgedaan inzake vergunningsstelsels, erkenningssystemen en veiligheidsdiensten in de ondernemingen werd daar bij de opstelling van het algemeen reglement ruim rekening mede gehouden.

Sedert enkele jaren geeft men zich rekenschap van de noodzaak een aantal aanpassingen aan de reglementering aan te brengen, vooral sedert het verschijnen van de recente richtlijnen van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 15 juli 1980 houdende wijziging van de richtlijnen tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren.

In dit verband worden hierna enkele mogelijke belangrijke aanpassingen van administratieve of technische aard in de toekomst aangestipt.

Maar vooreerst worden achtereenvolgens behandeld :

- vergunnings- en aangiftestelsel van inrichtingen;
- diensten voor fysische controle en erkende organismen;
- erkenning van deskundigen en organismen;
- toezicht.

II. VERGUNNINGS- EN AANGIFTESTESEL VAN INRICHTINGEN.

Dit stelsel is in ruime mate geïnspireerd aan het Belgisch vergunningsstelsel van de als gevaarlijk, ongezond of hinderlijk ingedeelde inrichtingen gereguleerd in het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming.

In een eerste stadium, vóór 1963, waren inrichtingen die gevaren voor ioniserende stralingen inhielden, zelfs reeds in dat kader ingedeeld.

1. Klasseindeling.

De inrichtingen waar gevaren van ioniserende stralingen kunnen voorkomen zijn thans ingedeeld in vier klassen :

in klasse I :

- 1) de kernreactoren;
- 2) de inrichtingen waar belangrijke hoeveelheden splijtbare stoffen worden aangewend of in bezit gehouden;
- 3) de fabrieken voor herbewerking van kernbrandstoffen;

in klasse II :

- 1) de inrichtingen waar minder belangrijke hoeveelheden splijtbare stoffen en waar grote hoeveelheden radioactieve nucliden worden aangewend of in bezit gehouden;
- 2) de inrichtingen die radioactieve afval verzamelen, behandelen, verpakken en opslaan;
- 3) de inrichtingen die niet-verplaatsbare X-stralentoestellen met een topspanning van meer dan 200 kV gebruiken;
- 4) de deeltjes-versnellers;

in klasse III :

- 1) de inrichtingen waar betrekkelijk kleine hoeveelheden radioactieve nucliden worden aangewend of in bezit gehouden;
- 2) de inrichtingen die niet-verplaatsbare X-stralentoestellen met een topspanning van 200 kV of minder en deze die verplaatsbare X-stralentoestellen gebruiken;

De inrichtingen van klasse I en II mogen slechts in werking gesteld worden nadat de exploitant beschikt, niet alleen over een voorafgaande vergunning afgeleverd door de overheid maar bovendien over een proces-verbaal van keuring voor ontvangst verleend door een daartoe erkend organisme.

Voor de inrichtingen van klasse III volstaat een voorafgaande aangifte bij de provinciegouverneur. Deze aangifte geeft dan automatisch aanleiding tot het verlenen van een vergunning door de bestendige deputatie.

in klasse IV :

- 1) de inrichtingen waar hoeveelheden radioactieve nucliden worden aangewend of in bezit gehouden waarvan de totale activiteit minder is dan $3,7 \times 10^3$ Bq (0,1 microcurie) à $3,7 \cdot 10^6$ Bq (100 microcurie) naargelang hun radiotoxiciteit;
- 2) de inrichtingen waar radioactieve stoffen in willekeurige hoeveelheden worden aangewend of in bezit gehouden, voor zover de concentratie van die stoffen minder dan 74 Bq (0,002 microcurie) per gram en wat de natuurlijke vaste radioactieve stoffen bevat, minder dan 370 Bq (0,01 microcurie) per gram bedraagt;
- 3) inrichtingen die toestellen bezitten of aanwenden die radioactieve stoffen bevatten, in hoeveelheden eventueel groter dan de onder 1) van deze klasse bepaalde waarden, doch op voorwaarde :
 - a) dat die radioactieve stoffen doeltreffend tegen alle aanraking en verlies worden gevrijwaard;
 - b) dat de dosis $3,7 \cdot 10^3$ Bq (0,1 millirem) per uur niet overschrijdt op ieder bereikbaar punt, 0,1 m van de oppervlakte van het toestel verwijderd;
 - c) dat die toestellen ^{van} een type goedgekeurd door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid en door de Minister van Volksgezondheid en van het Gezin, zijn.

Van deze laatste mogelijkheid wordt veelvuldig gebruik gemaakt vooral voor rook- en branddetectoren die radioactieve stoffen bevatten.

De in klasse IV ingedeelde inrichtingen zijn aan geen vergunnings- of aangifteformaliteit onderworpen.

De reglementering kent verbodsbepalingen.

Alzo is het ondermeer verboden :

- a) in de schoenhandel toestellen te gebruiken waar radioactieve straling bij te past komt;
- b) radioactieve stoffen bij de voedingswaren, de schoonheidsmiddelen, de cosmetica, het speelgoed en de huishoudproducten en -voorwerpen te voegen;
- c) voedingswaren of geneesmiddelen met ioniserende straling te behandelen.

Evenwel kan dit nochtans wel in sommige gevallen en onder bepaalde voorwaarden, mits vergunning van de Minister van Volksgezondheid.

Dit gebeurde onlangs bij de ministeriële besluiten van 16 oktober 1980 en 28 november 1980 voor wat betreft het behandelen met ioniserende stralingen van voor menselijke en dierlijke voeding bestemde voedingsmiddelen.

2. Vergunningsprocedure.

De beslissende overheid voor inrichtingen van klasse I is de Koning met mede-ondertekening door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid en de Minister van Volksgezondheid.

De aanvraag dient te worden gericht aan de gouverneur van de provincie waar de exploitatiezetel gevestigd wordt.

Een exemplaar van de aanvraag wordt door de gouverneur overgemaakt aan de burgemeester van de gemeente van de inrichting.

De burgemeester doet aan de exploitatiezetel en aan het gemeentehuis een bericht aanplakken dat het voorwerp van de aanvraag vermeldt en dat aankondigt dat gedurende 15 dagen vanaf van 1ste dag van de aanplakking aan het gemeentehuis, inzage van de aanvraag mag genomen worden en dat eventuele klachten of opmerkingen gedurende die termijn kunnen ingediend worden.

De burgemeester onderwerpt de aanvraag en de opmerkingen waartoe zij aanleiding heeft gegeven aan het advies van zijn schepencollege.

De burgemeester stuurt de aanvraag, de ontvangen opmerkingen en het advies van het college terug naar de gouverneur.

Na het advies te hebben ingewonnen van de bestendige deputatie maakt de gouverneur, de aanvraag met de adviezen van het schepencollege en de bestendige deputatie en de ontvangen opmerkingen over aan de Speciale Commissie waarvan de samenstelling en het statuut in het algemeen reglement is vastgelegd.

De Speciale Commissie brengt eerst een voorlopig advies uit dat zij bij een ter post aangetekend schrijven aan de aanvrager mededeelt. De aanvrager beschikt over een termijn van dertig dagen om zijn eventuele opmerkingen in te dienen. Op zijn aanvraag kan de Commissie deze termijn verlengen. Vervolgens beraadslaagt de Commissie opnieuw en brengt ze een definitief gemotiveerd advies uit.

Indien dit advies gunstig is mag het bijzondere exploitatievoorwaarden bevatten niet voorzien in het reglement die de Commissie nodig acht op te leggen om de veiligheid en de salubriteit van de inrichting te waarborgen.

De vergunning dient te worden geweigerd wanneer het advies van de Speciale Commissie ongunstig is.

Wanneer het advies van de Speciale Commissie gunstig is wordt het weigeringsbesluit gemotiveerd.

In inrichtingen van klasse II is de bestendige deputatie van de provinciale raad van de provincie bevoegd om uitspraak te doen omtrent vergunningsaanvragen.

De aanvraag dient gericht aan de gouverneur van de provincie, die het overmaakt aan de burgemeester van de gemeente van de inrichting. Deze onderwerpt de aanvraag aan het advies van het schepencollege.

De gouverneur maakt de aanvraag met het advies van het schepencollege over aan een provinciaal adviserend comité. Het comité verstrekt een gemotiveerd advies aan de gouverneur. Indien het advies gunstig is mag het bijzondere exploitatievoorwaarden bevatten, niet voorzien in het reglement, die het comité nodig acht op te leggen om de veiligheid en de salubriteit van de inrichting te waarborgen. De gouverneur legt de aanvraag en de uitgebrachte adviezen aan de bestendige deputatie voor.

In haar besluit moet de bestendige deputatie de door het provinciaal adviserend comité voorgelegde voorwaarden opleggen. Ze moet de vergunning weigeren wanneer het advies van het comité ongunstig is.

Wanneer het advies van het comité gunstig is wordt het weigeringsbesluit gemotiveerd.

Er is een beroepsprocedure voorzien. Het beroep wordt overgemaakt aan de Speciale Commissie die handelt zoals voor inrichtingen van klasse I en eens te meer moet de vergunning worden geweigerd door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid en de Minister van Volksgezondheid en geëuburlijk de Minister van Economische Zaken indien het advies van de Speciale Commissie ongunstig is. Wanneer het advies van de Commissie gunstig is wordt het weigeringsbesluit gemotiveerd.

In inrichtingen van klasse III dient de aanvraag te worden gericht aan de bestendige deputatie die vergunning verleent na een voorafgaande aangifte bij de gouverneur.

De gouverneur legt de aangifte voor aan de bestendige deputatie die de vergunning verleent binnen de 15 dagen. Het voornoemd provinciaal adviserend comité kan lijsten opmaken met exploitatievoorwaarden voor de verschillende types van inrichtingen van klasse III.

De bestendige deputatie moet deze voorwaarden in haar besluit opnemen.

Tegen de beslissingen van de bestendige deputatie bestaat een beroepsmogelijkheid. Het beroep wordt overgemaakt aan de Speciale Commissie die eens te meer handelt zoals voor inrichtingen van klasse III.

3. Bijzondere gevallen.

Staatsinrichtingen.

Het vergunningsstelsel is hetzelfde voor door de Staat geëxploiteerde inrichtingen van klasse I als voor inrichtingen van klasse I geëxploiteerd door particulieren.

De Staatsinrichtingen van klasse II worden vergund door de Koning.

De Minister van wie de betrokken inrichting afhangt maakt de aanvraag over aan de burgemeester van de gemeente van de exploitatiezetel. Deze onderwerpt de aanvraag voor advies aan het schepencollege en stuurt de aanvraag met dat advies aan de Minister terug. De Minister maakt de aanvraag en het advies van het schepencollege over aan de Speciale Commissie die tewerk gaat als voor inrichtingen van klasse I.

Bij Staatsinrichtingen van klasse III doet de Minister van wie de inrichting afhangt er aangifte van bij de Minister van Volksgezondheid.

Deze verleent de vergunning. Bijzondere voorwaarden kunnen opgelegd worden.

Vrijstelling van vergunning.

Worden niet beschouwd als ingedeelde inrichtingen in de zin van het reglement en zijn er dus van vrijgesteld zich te voorzien van een voorafgaande vergunning de inrichtingen waar bij gelegenheid proeven of testen van materialen uitgevoerd of werkwijze in het werk gesteld worden met gebruik van ioniserende straling op voorwaarde dat :

- a) die verrichtingen alleen uitgevoerd worden door het personeel van een vreemde inrichting door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid en door de Minister van Volksgezondheid samen behoorlijk vergund om dergelijke verrichtingen uit te voeren;
- b) het erkend organisme, belast met de controle van die inrichting, of de erkende deskundige die de eventuele fysische dienst ervan leidt, deze verrichtingen goedkeurt.

Regelmatig worden dergelijke vergunningen verleend, gebeurlijk aangevuld met passende voorwaarden.

Er zijn uiteraard bovendien nog bepalingen voorzien ten aanzien van uitbreidingen en wijzigingen van de inrichtingen, aanvullende voorwaarden en wijziging van exploitatievoorwaarden, schorsen en intrekken van vergunningsbesluit en tenslotte stopzetting van activiteiten.

4. Commentaar.

Een waarschijnlijk onoverkomelijk kwaal van het stelsel is de grote tijdspanne die doorgaans verloopt tussen aanvraag en beslissing. Deze is grotendeels te wijten aan administratieve redenen en ondermeer aan het feit dat :

- 1) de Speciale Commissie en de Provinciale Comit es doorgaans slechts 2   3 maal per jaar samenkomen;
- 2) vele besluiten dienen te worden ondertekend door de twee betrokken ministers.

III. DIENSTEN VOOR FYSISCHE CONTROLE EN ERKENDE ORGANISMEN.

1. Voorschriften.

De Belgische reglementering schrijft voor dat elk ondernemingshoofd een dienst voor fysische controle dient op te richten, die op een algemene wijze belast is met de inrichting van en het toezicht over de nodige maatregelen om de naleving te verzekeren van de bepalingen van het algemeen reglement, uitgezonderd de bepalingen voorbehouden voor de medische controle. Het reglement omschrijft zeer uitvoerig wat deze fysische controle dient te omvatten.

De volgende opdrachten dienen bijzonder onderlijnd :

- het onderzoek en de voorafgaande goedkeuring van de ontwerpen van installaties die een gevaar voor bestraling of criticaliteit inhouden en van hun inplanting in de inrichting, wanneer er voor die ontwerpen geen nieuwe vergunning nodig is;
- het onderzoek en de voorafgaande goedkeuring van de proefnemingen, proeven, behandelingen en manipulaties die wegens hun aard of omstandigheden gevaar zouden kunnen opleveren en die niet vroeger in hun gelijke vorm door de dienst voor fysische controle werden goedgekeurd.

De vaststellingen en bepalingen van de fysische controle dienen aangebracht te worden hetzij in registers met genummerde bladen, hetzij op genummerde bladen in mappen bijeengebracht.

In de inrichtingen van klasse I moet het hoofd van de dienst een erkend deskundige van klasse I zijn; in inrichtingen van klasse II een erkend deskundige van klasse I of II en in inrichtingen van klasse III, een erkend deskundige van klasse I, II of III.

In de inrichtingen van klasse II en III, doch niet in inrichtingen van klasse I, kan het ondernemingshoofd in plaats zelf een bedrijfsdienst voor fysische controle op te richten, deze controletaak toevertrouwen aan een erkend controleorganisme.

De klasse van het erkend organisme moet natuurlijk minstens overeenstemmen met de klasse van de inrichting.

Hiervan wordt ruimschoots gebruik gemaakt in praktisch alle inrichtingen van klasse III maar ook in meerdere inrichtingen van klasse II.

De reglementering voorziet in alle inrichtingen van klasse I, II en III een bestendige controle op de goede uitvoering door de dienst voor fysische controle van hun opdracht, door dergelijke erkende organismen.

Eens te meer dienen klassen van inrichtingen en van organismen minstens overeen te stemmen.

De erkende organismen hebben bovendien zoals reeds hoger gemeld als opdracht de inrichtingen van klasse I en II te keuren voor ontvangst, voor hun in bedrijfstelling.

Ze moeten bovendien sommige beslissingen van de dienst voor fysische controle goedkeuren en er controle op uitoefenen.

De controle door de organismen op de goede uitvoering door de diensten voor fysische controle van hun opdracht is minstens trimestrieel voor inrichtingen van klasse I en II en minstens jaarlijks voor inrichtingen van klasse III.

Voor inrichtingen van klasse IV is geen dienst voor fysische controle en evenmin een tussenkomst van een erkend organisme voorgeschreven.

Omtrent de diensten voor fysische controle zij nog gezegd dat de dienst voor fysische controle geleid wordt door het hoofd van de dienst voor V.G.V. of door een persoon die rechtstreeks onder zijn gezag geplaatst is.

De reglementering onderlijnt uitdrukkelijk dat de opdracht toevertrouwd aan het hoofd voor de dienst voor fysische controle het gezag en de verantwoordelijkheid van het ondernemingshoofd niet vermindert.

Onverminderd de opdrachten van de dienst voor veiligheid en gezondheid en inzonderheid van de dienst voor fysische controle als ook van de erkende organismen, duidt het ondernemingshoofd voor elke gecontroleerde zone een persoon aan, genoemd aangestelde voor de bewaking, die er zorgt voor draagt dat de veiligheidsmaatregelen worden nagekomen en de beveiligingsmiddelen in goede staat van werking verkeren. Die aangestelde heeft, bij ongeval en bij onvoorziene verspreiding van radioactieve stoffen, bepaalde opdrachten te vervullen. Hij is bovendien gelast het personeel op geregelde tijdstippen te herinneren aan de bij ongeval te volgen richtlijnen en brengt de voornoemde diensten van de onderneming op de hoogte van elke toestand die hij abnormaal vindt.

2. Commentaar.

Inzake de klassieke veiligheid voorziet het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming sedert 1947 de oprichting in elke onderneming van een veiligheidsdienst en in sommige inrichtingen daarnaast een comité voor V.G.V.

Aan de samenstelling, de opdrachten, enz. van deze diensten en comités werd steeds een grote aandacht geschonken door de overheid en door de sociale partners en derhalve is daar uitvoerig sprake van in de reglementering. Bovendien werd de reglementering terzake in 1975 grondig gewijzigd en aangevuld.

Er bestaat of er zou een parallelisme moeten bestaan inzake de toepassing van de reglementering bij de dienst voor fysische controle enerzijds en de veiligheidsdienst anderzijds.

Theoretisch bestaat dit parallelisme, gezien zoals gezegd het algemeen reglement voorschrijft dat de dienst voor fysische controle geleid wordt door het hoofd van de veiligheidsdienst of door een persoon die rechtstreeks onder zijn gezag geplaatst is.

Maar in de praktijk loopt dit evenwel niet altijd zo vlot. Het is evenwel onmogelijk hier dieper op in te gaan.

IV. ERKENNING VAN DESKUNDIGEN EN ORGANISMEN.

De erkenning van deskundigen en van organismen gebeuren bij door de Ministers van Volksgezondheid en van Tewerkstelling en Arbeid gezamenlijk genomen besluiten.

1. Deskundigen.

Om als deskundige te worden erkend dient men van Belgische nationaliteit te zijn en behalve enkele andere traditionele voorwaarden een voldoende geachte ondervinding te bezitten in het domein van de kernwetenschappen en de bescherming tegen straling en de noodzakelijke meet- en controleapparaten kunnen gebruiken.

Maar men dient bovendien in het bezit te zijn van een gepast diploma afhankelijk van de klasse zijnde :

voor deskundige van klasse I :

het diploma van fysisch ingenieur of ingenieur in de kernwetenschappen of dat van licentiaat in de natuur- of scheikunde of dat van burgerlijk ingenieur of ieder diploma, dat aan de houder ervan een vorming verschaft die de Speciale Commissie geschikt oordeelt voor de beoogde opdracht, bezitten.

Uitgezonderd voor de twee eerste moeten de houders van deze diploma's bovendien titularis zijn van het aanvullend diploma of certificaat van postuniversitaire kernstudies, verstrekt door een universiteit of een speciale instelling waarvan het peil door de Speciale Commissie gelijkwaardig geoordeeld wordt, of voor de Commissie van gelijkwaardige kursussen getuigen;

voor deskundige van klasse II :

het diploma van fysisch ingenieur of ingenieur in de kernwetenschappen of burgerlijk ingenieur of dat van licentiaat in de natuur- of scheikunde of elk ander diploma, dat aan de houder ervan een vorming verschaft die de Ministers van Tewerkstelling en Arbeid en van Volksgezondheid geschikt oordelen voor de beoogde opdracht, bezitten;

voor deskundige van klasse III :

het diploma van technisch onderwijs van graad Al met specialisatie kernenergie of een van de door hierboven voorziene diploma of ieder ander diploma ^{dat} aan de houder ervan een vorming verschaft die de Minister van Tewerkstelling en Arbeid en de Minister van Volksgezondheid geschikt oordelen voor de beoogde opdracht, bezitten.

Om erkend te worden dient de kandidaat deskundige van klasse I bovendien een gunstig advies te ontvangen van de Speciale Commissie die beslist zoals voorzien voor inrichtingen van klasse I. Deze Commissie kan de deskundige oproepen en horen en kan ook een technisch jury samenstellen waarvoor de deskundige het bewijs van een theoretische en praktische kennis moet leveren.

Alle erkenningen worden aan de Ministers voorgesteld door de bevoegde administraties van het Ministerie van Volksgezondheid en het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid.

Bij het voorstellen van erkenning wordt niet alleen nauwkeurig toegezien of de gepaste diploma's voorhanden zijn maar wordt er ook grondige aandacht aan besteed of de betrokkene wel degelijk een voldoende geachte ondervinding bezit.

Dit wordt voor deskundige van klasse II en III getest bij wijze van interviews, in de eerste plaats gebaseerd op de door de kandidaat geleverde levensbeschrijving.

Maar daarnaast wordt ook nagegaan :

- of de kandidaat in het kader van de reglementering behoefte heeft aan een erkenning;
- of er geen onverenigbaarheden bestaan tussen sommige van zijn activiteiten en de activiteiten waarvoor hij meent behoefte te hebben aan een erkenning.

De erkenning kan beperkt worden :

- a) territoriaal;
dit gebeurt regelmatig op een onrechtstreekse wijze door de erkenning te beperken tot de inrichtingen van een bepaalde onderneming;
- b) in de tijd;
dit gebeurt praktisch stelselmatig door een beperking van een erkenning tot 6 jaar;
- c) door een beperking naar de aard van de te controleren toestellen of installaties;
dit ook komt veel voor.

Er zijn in België een veertigtal erkende deskundigen van klasse I
een vijftigtal erkende deskundigen van klasse II
en een twintigtal erkende deskundigen van klasse III.

De meeste hiervan maken deel uit van een dienst voor fysieke controle van een onderneming of een universitaire instelling of zijn in dienst van een erkend organisme.

2. Organisme.

Om als organisme erkend te worden zijn eveneens een reeks voorwaarden te vervullen zoals :

- 1) opgericht zijn als een vereniging zonder winstoogmerk;
- 2) zich ertoe verbinden zich niet te onttrekken aan zijn burgerlijke verantwoordelijkheid ten opzichte van de personen die een beroep doen op hun diensten in het kader van het reglement;
- 3) zich ertoe verbinden alleen erkende deskundigen in dienst te nemen voor de uitvoering van hun opdrachten;

4) geleid te worden door een erkend deskundige van overeenkomstige klasse zonet tenminste de dienst gespecialiseerd in de controle voorgeschreven bij het reglement te doen leiden door een overeenkomstig deskundige. In dit laatste geval dient de directeur van het organisme aan zekere voorwaarden te voldoen en ondermeer houder zijn van een diploma van burgerlijk ingenieur.

De erkenning als organisme kan eveneens worden beperkt territoriaal, in de tijd of naar de aard van de te controleren stoffen, toestellen of installaties. Dit is tot nu toe niet het geval geweest. De enige beperking is een klassebeperking.

Er bestaan in België drie erkende organismen van klasse I en twee van klasse II.

De twee organismen van klasse II hebben vooral activiteiten in de medische sector.

Een organisme van klasse I heeft een casi monopolie inzake de kerncentrales.

Een ander organisme van klasse I concentreert zijn activiteiten hoofdzakelijk op het S.C.K. en op de toepassingen van de ioniserende stralingen in universitaire instellingen.

Een laatste organisme van klasse I heeft een zeer brede waaier van activiteiten.

3. Commentaar.

Het ondernemingshoofd heeft in België een vrije keuze van het erkend organisme waaraan hij een opdracht wil toevertrouwen.

Dit en andere overwegingen zijn in België een onderwerp van kritiek vanwege sommige kringen op het Belgisch systeem van erkende organismen.

Men overweegt ernstig om de overheid in te schakelen bij de keuze van het organisme voor een bepaalde opdracht, maar sommige denken er zelfs aan de organismen in een soort openbare dienst om te vormen.

V. TOEZICHT.

Er bestaat uiteraard een omvangrijk bestel inzake het toezicht door de overheid op de naleving van de reglementering in de ondernemingen, waar naast de burgemeesters een ganse reeks ambtenaren van verschillende ministeriële departementen bij te pas komen, die daartoe over een aantal toezichtsmiddelen (vrije toegang - recht op inzien van documenten - enz.) en machten (sluiten, verzegelen, inbeslag nemen, enz.), beschikken.

Overtredingen zijn strafbaar voor de boetstraffelijke rechtbank.

Bij koninklijke besluiten van 7 en 14 augustus 1981 werden bovendien twee nieuwe toezichtsdiensten opgericht respectievelijk bij het Ministerie van Volksgezondheid en het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, met afgeleijnde opdrachten.

De financiëring van de werking van deze diensten gebeurt door middel van het heffen van retributies van de exploitanten van de inrichtingen.

Maar naast dit bestel bestaat er ook een bijzondere vorm van toezicht op de activiteiten van de erkende organismen.

In de eerste plaats zijn in de reglementering natuurlijk een reeks bepalingen opgenomen in verband met de plichten van de organismen, hun werking, enz.

Maar daarenboven verplicht de reglementering elk organisme een commissie van toezicht op te richten, onafhankelijk van zijn statutaire organen.

Deze commissie heeft tot taak :

- a) toezicht uit te oefenen op de activiteit van het organisme;
- b) adviezen en suggesties uit te brengen over de werking van het organisme;
- c) na te gaan of het organisme de bepalingen van de reglementering in acht neemt.

Elke commissie van toezicht is samengesteld uit een voorzitter, de directeur van het organisme, drie effectieve leden en drie plaatsvervangende leden die de werkgevers vertegenwoordigen, en drie effectieve leden en drie plaatsvervangende leden die de werknemers vertegenwoordigen. De voorzitter is aangeduid onder de ambtenaren van de administratie van de arbeidsveiligheid door de bevoegde ministers. De directeur van het organisme of zijn plaatsvervanger verzekert het secretariaat.

De commissie vergadert om de drie maanden.

Het organisme legt alle drie maanden aan de commissie van toezicht een uitvoerig verslag voor betreffende zijn werking, inzonderheid de bezoeken afgelegd door zijn deskundigen, en elke wijziging die zou zijn aangebracht zowel aan de innerlijke organisatie van het organisme als aan zijn naar buiten gerichte werking. Daarenboven wordt de commissie ingelicht over werking en samenstelling van leidinggevende organen, beslissingen van de beheerraad en ontvangt informatie over de financiële toestand van het organisme.

VI. CONCLUSIE.

Bij de overheid overheerst de algemene mening dat er in de nabije toekomst geen behoefte is om in de zo even behandelde onderwerpen fundamentele wijzigingen aan te brengen.

Zoals gezegd in de inleiding bestaat er natuurlijk noodzaak tot aanpassing van de reglementering om ze in overeenstemming te brengen met de richtlijn van de Europese Gemeenschap van 15 juli 1980.

De verdere voornemens zijn om het daarnaast bij een aantal weinig diepgaande aanpassingen te houden zoals bv. inzake :

- klasseindeling - wat betreft de klasse III en IV;
- samenstelling van de Speciale Commissie;
- verwarring wegwerken tussen de begrippen "bouwen" en "oprichten van een ingedeelde inrichting";
- vergunningssysteem voor gelegenheidsproeven en testen in niet ingedeelde inrichtingen;

- opdrachten van dienst voor fysische controle bij vervoer van radioactieve stoffen;
- nadere omschrijving van de samenstelling van de dienst voor fysische controle;
- diploma en vorming van deskundigen;
- etikettering;
- maatregelen tegen diefstal.

RESUME.

Dans certains domaines, les directives de la Communauté Européenne ont laissé la porte ouverte à des réglementations particulières adaptées à chaque pays.

Il est montré comment les autorités belges ont précisé certains points dans les domaines les plus importants.

Les sujets traités sont :

- le système d'autorisation et de déclaration des installations
- les services de contrôle physique et les organismes agréés
- l'agrégation des experts et des organismes
- la surveillance.

Quelques possibilités d'adaptation de la réglementation d'ordre administratif ou technique sont soulignées.

ABSTRACT.

On some points the rules of the European Community have left space for particular regulations adapted by and for each country.

We show how Belgian authorities have brought a certain number of precision on some of the most important points.

Following subjects are treated :

- the procedure for authorization and declaration of installations
- the health physics services and the approved control body
- aggregation of experts and organisms
- surveillance.

Some possibilities of adaptation of the regulation on administrative or technical level are emphasized.

ZUSAMMENFASSUNG.

Es werden einige Gebiete behandelt, für die die Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft hinreichend Raum für die verschiedenen Länder ließen, um dem jeweiligen Lande angepasste Maßnahmen zu treffen.

Die von den belgischen Behörden gemachten Präzisierungen auf den wichtigsten Gebieten werden dargestellt.

Es werden nacheinander behandelt :

- Zulassungs- und Informationssystem ;
- Dienststellen für physikalische Kontrollen und anerkannte Organisationen ;
- Anerkennung von Experten und Organisationen ;
- Aufsicht.

Einige künftig mögliche Anpassungen administrativer und technischer Art an das Regelwerk werden erwähnt.

LA SURVEILLANCE DE LA SANTE DES TRAVAILLEURS EXPOSES
AUX RADIATIONS IONISANTES.

- x Professeur P. HUBLET, Inspecteur général - Chef du Service de la sécurité technique des installations nucléaires.

Ministère de l'Emploi et du Travail, 53, rue Belliard,
1040 BRUXELLES

Professeur à l'Université libre de Bruxelles.

Novembre 1982.

RESUME :

L'auteur décrit les modalités de la surveillance de la santé des travailleurs exposés aux radiations ionisantes en Belgique. Cette étude est une adaptation aux données les plus récentes actuellement disponibles d'un article publié antérieurement et repris dans la bibliographie annexée (réf. 1).

A partir des principes élaborés par la Commission internationale de protection radiologique (C.I.P.R.) et des normes Euratom, la législation belge est exposée et expliquée dans ses grandes lignes.

Des commentaires sont faits sur les statistiques recueillies et qui concernent les doses individuelles de radiations reçues par les travailleurs exposés dans diverses catégories d'entreprises.

Quelques exemples illustrent les difficultés rencontrées lors de l'application pratique de la réglementation.

L'auteur conclut à la maîtrise du risque radiologique grâce à la mise en place de structures techniques et administratives au niveau de l'Etat et des entreprises qui, à l'usage, se sont révélées efficaces.

- x Ce travail a été présenté en langue néerlandaise par le Dr. VANVOSEL, Médecin-Hygiéniste (Radioprotection) du Service de la sécurité technique des installations nucléaires, lors de la séance commune de l'Association belge de radioprotection et de la Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne tenue à Mol (Belgique), le 5 novembre 1982.

I. INTRODUCTION :

La surveillance de la santé des travailleurs exposés aux radiations ionisantes s'exerce en conformité avec les directives du conseil des communautés européennes fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs résultant des rayonnements ionisants.

Comme on le sait, ces "normes de base" se fondent elles-mêmes sur les recommandations élaborées par la Commission internationale de protection radiologique (la C.I.P.R.). C'est pourquoi, la parution des publications 9,26 et 30 de la C.I.P.R. a entraîné une révision des normes de base Euratom par une directive du Conseil du 15 juillet 1980, portant modification des directives fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants - (Journal officiel des communautés européennes du 17 septembre 1980. (1).

Il découle naturellement de la publication de cette directive que la procédure de révision de la réglementation belge est en cours, en vue de la mettre en concordance avec celle-ci.

II. EXPOSE DE LA LEGISLATION BELGE :

La loi de base sur laquelle s'appuie la réglementation belge est celle du 29 mars 1958 relative à la protection de la population contre les dangers des radiations ionisantes, modifiée par les lois des 29 mai 1963 et 3 décembre 1969. (2).

Elle a été prise à un moment où les Etats et les populations étaient inquiets, suite aux retombées radioactives provenant des essais nucléaires militaires effectués dans l'atmosphère par les "grandes puissances atomiques".

Cette loi a été modifiée à deux reprises, en 1963 et en 1969. Cette dernière modification, particulièrement importante, est la suivante :

"Le Roi peut établir des redevances à percevoir au profit de l'Etat ou des organismes de contrôle agréés pour couvrir, en tout ou en partie, les frais d'administration, de contrôle ou de surveillance résultant de l'application de la réglementation prise en exécution de la présente loi. Il fixe le taux et les modalités de paiement de ces redevances. Les arrêtés à prendre en exécution du présent alinéa seront contre-signés par le Ministre de l'Emploi et du Travail, par le Ministre de la Santé publique et par le Ministre des Affaires Economiques".

Cette possibilité de percevoir des redevances au profit de l'Etat pour couvrir des frais d'administration, de contrôle et de surveillance vient d'être utilisée puisque l'arrêté royal du 25 mai 1982 fixe les modalités de la perception et du montant des redevances en application de la réglementation concernant les radiations ionisantes. (3)

Par ailleurs, la loi précitée relative à la protection de la population contre les dangers résultant des radiations ionisantes est caractérisée par l'importance des peines en cas d'infraction (article 7 de celle-ci), amendes de 1.000 à 10.000 Fr. et/ou emprisonnement de 3 mois à 2 ans. (Soit actuellement pour les amendes au coefficient 60, de 60.000 à 600.000 Fr.).

La réglementation belge s'appuie essentiellement sur cette loi, car c'est celle dont le champ d'application était le plus étendu et les juristes avaient fait observer qu'il était très difficile d'appliquer des arrêtés royaux s'appuyant sur des lois dont les pénalités prévues sont différentes.

Les arrêtés d'application sont ceux du 28 février 1963. Ils ont été élaborés après de nombreuses consultations

entre les divers départements ministériels concernés ainsi qu'entre les utilisateurs de rayonnements.

En fait, chaque département ministériel est compétent, chacun en ce qui le concerne, de l'application de la réglementation. Le grand nombre des départements et des administrations concernées est une source de difficultés. Il s'agit par exemple du Ministère des Affaires économiques : Administration de l'énergie; Ministère de la Santé publique : Administration de l'hygiène publique et Institut d'hygiène et d'épidémiologie; Ministère de l'Emploi et du Travail : Administration de l'hygiène et de la médecine du travail, Administration de la sécurité du travail; Ministère de l'Agriculture, etc ...

Ces difficultés, inhérentes à la pluralité des instances compétentes à des titres divers, ont cependant été réduites grâce à une bonne collaboration entre celles-ci et en vue d'assurer une meilleure coordination des divers départements ministériels intéressés, il a été créé une "Commission interministérielle de la sécurité nucléaire et de la sûreté de l'Etat dans le domaine nucléaire". (4). Suite à l'accident survenu à la centrale nucléaire de Three Miles Island à Harrisburgh - Pennsylvanie U.S.A. en mars 1980, les autorités belges ont décidé de renforcer les contrôles afin d'améliorer la sécurité des installations où sont mises en oeuvre des radiations ionisantes et à cette fin, elles ont créé deux nouveaux services spécialisés :

- le Service de protection contre les radiations ionisantes du Ministère de la Santé publique, rattaché à l'Administration de l'hygiène publique de celui-ci. (5).
- le Service de la sécurité technique des installations nucléaires, rattaché à l'Administration de la sécurité du travail du Ministère de l'Emploi et du Travail. (6).

Procédure d'autorisation.

Conformément à la pratique administrative en usage en Belgique (la "police des établissements classés"), l'import-

tation, la production, la fabrication, etc ... d'appareils, d'installations, de substances capables d'émettre des radiations ionisantes ont été réparties en diverses classes selon la nature et l'importance du risque. Il y a 4 classes.

La classe détermine la procédure à suivre devant les diverses autorités concernées pour obtenir l'autorisation. La particularité est que les établissements des 3 premières classes font l'objet d'une autorisation préalable qui, lorsqu'elle est accordée, permet d'aboutir éventuellement à une autorisation définitive, moyennant le respect de toutes les conditions fixées par le règlement ainsi que des conditions particulières complémentaires que l'autorité (les administrations techniques concernées) a le droit d'imposer.

Une caractéristique essentielle qui va dans le sens de la sécurité est que, même si l'exploitation est autorisée moyennant des conditions particulières, à tout moment il est possible d'imposer à l'exploitant de nouvelles conditions.

Cette disposition est importante. Il est apparu que la Belgique, et c'est une garantie pour la population et pour les travailleurs, était le seul pays de la Communauté européenne qui se réservait cette faculté.

La classe I comprend les établissements qui sont caractérisés par un risque de criticité. On y trouve, outre les réacteurs nucléaires, les usines de retraitement de combustibles irradiés, enrichis ou non enrichis, ainsi que les établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités de substances fissiles (uranium naturel exclu) supérieures à la moitié de la masse critique minimum.

Pour les établissements de 1ère classe, les Ministres

concernés ne peuvent accorder l'autorisation d'installer ou d'exploiter l'établissement, en l'occurrence les centrales nucléaires dans l'exemple choisi, que moyennant l'avis favorable de la Commission spéciale.

Cette disposition qui subordonne la décision du pouvoir exécutif à l'avis favorable d'une commission est exceptionnelle dans le droit administratif belge.

Cette Commission spéciale se compose de fonctionnaires des départements ministériels intéressés (Ministère de la Santé publique: Administration de l'hygiène publique, Institut d'hygiène et d'épidémiologie; Ministère de l'Emploi et du Travail: Administration de la sécurité du travail, Administration de l'hygiène et de la médecine du travail) ainsi que de 10 personnalités du monde scientifique appartenant à des disciplines connexes à la radioprotection (météorologie, radiobiologie, biologie, physique nucléaire, chimie nucléaire, etc ...). (x)

La classe II comprend les établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités quelconques de substances fissiles non reprises à la classe I (uranium naturel exclu), les établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités de nuclides radioactifs dont l'activité totale exprimée en milli ou microcuries est fixée dans un tableau (uranium naturel inclus).

Ces radionuclides y étant rangés en 4 catégories selon

- (x) (Cfr. Arrêté royal du 28 février 1963 - Moniteur belge du 16 mai 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes. Article 6.6. - Composition et statut de la Commission spéciale).

leur radiotoxicité.

Dans celle-ci figurent aussi les établissements où s'effectuent la collecte, le traitement, le conditionnement et le stockage des produits radioactifs, ceux utilisant des appareils non transportables générateurs de rayons X pouvant fonctionner à une tension de crête supérieure à 200 kilovolts, y figurent également les accélérateurs de particules. Dans la classe III sont rangés les établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités de nuclides radioactifs dont l'activité est comprise dans une gamme de valeurs fixées dans un tableau analogue à celui qui vient d'être décrit (activité exprimée en sous-multiples du curie, selon 4 catégories de radioactivité).

Des modalités spécifiques sont relatives aux sources scellées et à des cas particuliers de radioisotopes.

Figurent aussi en classe III, les établissements utilisant des appareils non transportables générateurs de rayons X pouvant fonctionner sous une tension de crête égale ou inférieure à 200 kilovolts, ceux utilisant des appareils transportables générateurs de rayons X.

La classe IV comprend des établissements où sont mises en oeuvre ou détenues des quantités de radionuclides fixées en fonction de leur radiotoxicité, comme pour les 2 classes précédentes. Elle comprend aussi les établissements détenant ou mettant en oeuvre des appareils contenant des substances radioactives en quantités éventuellement supérieures à celles fixées pour cette classe, à condition, entre autres, que la dose ne dépasse pas 0,1 millirem par heure en tout point accessible distant de 0,1 mètre de la distance de l'appareil. Pour la classe IV, il n'y a aucune formalité d'autorisation ou de déclaration. Toutefois, les établissements doivent respecter les autres dispositions de la réglementation.

Tous ces établissements classés, (sauf ceux de classe IV) sont soumis à un régime d'autorisation; la classe de l'établissement détermine l'autorité compétente habilitée

à délivrer le permis d'exploitation et pour ce faire, fixe la procédure à suivre ainsi que les conditions à remplir par l'exploitant.

La réglementation belge présente aussi 2 autres caractéristiques importantes (la première étant la procédure d'autorisation qui vient d'être brièvement exposée) : il s'agit du contrôle physique des radiations et du contrôle médical des travailleurs exposés à celles-ci.

Le contrôle physique des radiations est confié à un chef de service dont la qualification et l'expérience exigées varient selon l'importance de l'établissement ("la classe" au sens de la réglementation).

Ces missions consistent en la surveillance radiologique des installations (sécurité et salubrité) ainsi que du voisinage. Celles-ci comportent notamment la délimitation et la signalisation des zones contrôlées, l'examen et le contrôle des dispositions et des moyens de protection existants, l'examen et l'approbation préalables des projets d'installations comportant un danger d'irradiation ou de criticalité, la détermination de l'intensité du rayonnement et l'indication de la nature des radiations dans les endroits intéressés.

Le service de contrôle physique, hormis pour les établissements de 1ère classe, peut être confié à un organisme agréé.

Le contrôle médical des travailleurs exposés.

Il est exercé par des médecins du travail agréés. Cette protection radiologique se fonde sur la notion de la zone contrôlée qui est un lieu de l'espace où des personnes professionnellement exposées sont susceptibles de recevoir une dose de 1,5 mrem/an; dans cette zone s'exerce un contrôle physique des radiations et un contrôle médical des travailleurs exposés.

Les travailleurs doivent porter un dosimètre d'un type agréé afin d'effectuer le relevé individuel des doses reçues. Les doses sont fournies au service médical par le service du contrôle physique, de sorte que le médecin interprète pour chaque travailleur, en fonction de ses antécédents familiaux et personnels qu'il est seul à connaître, la signification biologique de la dose reçue, celle-ci étant un des éléments sur lequel il se base pour décider de l'aptitude au poste de travail considéré ou de l'écartement éventuel de ce poste.

La dose annuelle admissible est fixée à 5 rem par an pour les irradiations totales, pour les travailleurs âgés de 18 ans et plus. Elle doit s'intégrer dans la formule de base, établie de la manière suivante :

$D = 5 (N-18)$, N étant l'âge du travailleur et D la dose exprimée en rem. En outre, en 13 semaines, il ne peut être délivré une dose supérieure à 3 rem (ce qui représente 3 rem par trimestre). De plus, les protections (blindages) doivent être telles que la dose de 100 millirem par semaine pour un travailleur travaillant à raison de 8 heures par jour ne soit pas dépassée. (En tenant compte de 5 rem par an comme dose maximale admissible et de ce qu'une année comprend, grosso modo, 50 semaines, on aboutit à la dose semaine de 100 millirem qui est celle prise en compte pour le calcul des blindages). La réglementation fixe également les doses maximum admissibles pour les irradiations partielles.

Le relevé des doses individuelles est repris dans un tableau d'irradiation dont l'employeur doit adresser une fois l'an (au plus tard le 1er février de l'année qui suit celle à laquelle il se rapporte) 3 copies conformes à l'Administration de l'hygiène et de la médecine du travail du Ministère de l'Emploi et du Travail.

En fait, le tableau d'irradiation est établi à partir des

doses consignées dans la ou les fiches d'irradiations qui sont insérées dans le dossier médical des travailleurs.

Le tableau d'irradiation avec les doses reçues et au verso duquel figurent des renseignements administratifs concernant l'entreprise et le travailleur vise à renseigner les autorités de santé publique sur les risques encourus par les travailleurs exposés.

Un exemple de ce tableau (il y en a 3) est transmis par le Ministère de l'Emploi et du Travail au Ministère de la Santé publique qui a dans ses attributions la détermination de la dose population. Cette dose se calcule en prenant, entre autres, en considération la dose moyenne reçue par les travailleurs.

Sur le plan de la réglementation, il s'impose d'attirer l'attention sur les faits suivants :

- "le risque radiologique" pour les travailleurs est un cas particulier parmi les risques d'accident ou de maladie professionnelle pouvant survenir sur les lieux de travail et il se traite donc dans le cadre de l'institution des services médicaux du travail, lesquels ont été créés par l'arrêté royal du 16/04/65 (Moniteur belge du 4/06/65) et dans la pratique, ont fonctionné depuis le 1/08/68.

Comme on le sait, les services médicaux du travail sont soit propres à une entreprise, soit communs à plusieurs entreprises et ils s'appellent alors des services médicaux interentreprises.

Les services médicaux interentreprises ont une compétence territoriale et/ou professionnelle. Ils sont agréés par le Ministre de l'Emploi et du Travail sur avis favorable d'une commission d'agrément.

(x) Les critères d'agrération sont relatifs :

- aux locaux
- au matériel
- au personnel (parmi ceux-ci figurent ceux relatifs à la qualification des médecins du travail).

Les tâches et les missions de ces services sont prévues à l'article 104- §2 du règlement général pour la protection du travail (en abréviation R.G.P.T.).

En ce qui concerne le contrôle sanitaire des travailleurs, les radiations ionisantes figurent dans la liste des agents nocifs pour lesquels la surveillance médicale des travailleurs est imposée. Il s'agit du groupe 2 de cette liste (2.1.).

Parmi les examens spéciaux à pratiquer, figurent à titre exemplatif :

le scanning des organes ou de l'organisme entier ou la dosimétrie sanguine, urinaire, pileaire; ou l'examen hématologique ou l'examen dermatologique, oculaire, génital ou le dosage des acides aminés urinaires. La fréquence de l'examen médical est semestrielle pour les travailleurs de catégorie A, c'est-à-dire pour ceux travaillant dans une zone contrôlée, annuelle pour les autres. (7).

Cette liste d'examens spéciaux à pratiquer a pour le médecin un caractère indicatif car, selon l'expression en usage les médecins ont, dans le cadre de la médecine du travail comme pour la pratique médicale habituelle, l'"indépendance technique et morale". Ils ont donc la faculté de procéder à ces investigations biologiques

(x) le mot "agrération" est un belgicisme
le mot français étant "agrément".

prévues ou à d'autres qu'ils estiment nécessaires aux frais des employeurs. Par ailleurs, l'indépendance "technique et morale" des médecins est assurée par une loi spécifique qui prévoit une procédure particulière pour leur engagement et leur licenciement éventuel. (8).

III. ANALYSE DE LA SITUATION :

Cette analyse est faite à partir des données des tableaux d'irradiation adressés par les employeurs, au sujet des travailleurs exposés, à l'Administration de l'hygiène et de la médecine du travail du Ministère de l'Emploi et du Travail. Celle-ci a élaboré un dossier par employeur et un dossier par travailleur.

La synthèse des données essentielles relatives aux travailleurs exposés figure dans le tableau ci-après (Tableau I). Ils sont répartis en quatre grands secteurs d'activité exposant aux radiations ionisantes : les établissements de soins, les entreprises industrielles et commerciales, la recherche et l'enseignement et les "producteurs". Il faut entendre par cette rubrique les grandes installations nucléaires (Centre de l'énergie nucléaire de Mol, les usines de fabrication de combustible nucléaire, les centrales nucléaires, l'usine de retraitement de combustibles irradiés). (Eurochemic à Dessel).

On constate que de 1965 à 1970, soit en dix ans, globalement le nombre de travailleurs a plus que doublé puisqu'il passe de 5.491 à 11.297.

De 1971 à 1980, le nombre de travailleurs a de nouveau doublé; il passe de 12.602 à 23.318.

En considérant les 4 secteurs séparément, l'évolution du nombre de travailleurs exposés au risque de radiations se présente comme suit :

	<u>SOINS</u> :	<u>INDUS-</u> <u>TRIE</u> :	<u>RECHERCHE ET</u> <u>ENSEIGNEMENT</u> :	<u>PRODUC-</u> <u>TEUR</u> :	<u>TOTAL</u> :
1965 :	1.532	977	1.101	1.881	5.491
1970 :	3.237	2.070	4.100	1.890	11.297
1980 :	8.991	4.280	7.008	3.039	23.318

On peut, à l'examen de ces chiffres, déduire que :

- Dans les cinq premières années, le nombre d'exposés a doublé; dans la période 1970-1980, il a de nouveau triplé dans le secteur "soins".
- Dans le secteur "industrie", on constate également un doublement dans la première période et le même phénomène se répète dans la seconde période.
- Le nombre de travailleurs exposés dans le secteur "Recherche et Enseignement" évolue également très fort. Il est multiplié par 4 dans la période avant 1970 et il double dans les 10 ans qui suivent.
- En ce qui concerne le secteur des "Producteurs", le nombre reste stable avant 1970, mais fait un gain de presque 60 % dans la période suivante.

L'augmentation du nombre de travailleurs exposés dans les établissements de soins est liée au développement de la médecine nucléaire et à celui de l'usage des radioisotopes à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Ceux-ci sont également la cause principale de l'augmentation du nombre de travailleurs exposés dans les entreprises industrielles et commerciales et dans les établissements d'enseignement et de recherche. L'augmentation du nombre de travailleurs exposés chez les "producteurs" est liée à la mise en service de nouvelles centrales nucléaires.

En 1980, le secteur de soins est responsable d'environ 40 % du nombre de travailleurs exposés, la recherche et l'enseignement de 30 %, l'industrie d'un peu moins de 20 % et les producteurs d'un peu plus de 10 %.

IV. COMMENTAIRES :

Chaque dépassement de dose fait l'objet, depuis la mise en vigueur de la réglementation, d'une enquête approfondie effectuée sur place et bien plus, il en a été de même lorsque, par comparaison avec des installations similaires, les doses reçues par les travailleurs, dans un type donné d'installation, se révélaient être supérieures.

La prise de conscience par les travailleurs eux-mêmes et par les employeurs de l'importance du risque radiologique est attestée par le nombre de cas dans lesquels, pour un travailleur donné, les doses n'ont pas été mesurées ou ont été partiellement mesurées, ce nombre a fortement diminué puisqu'il était en 1965 de 13,22 % (pour 1.275 travailleurs sur 5.491 travailleurs). D'année en année, ce chiffre a régulièrement diminué et en 1970, il était de 0,1 % (12 cas sur 11.297 dossiers de travailleurs). Depuis 1970, ce chiffre reste inférieur à 0,1 %.

Relevons qu'une grande proportion de travailleurs professionnellement exposés reçoivent en fait une dose nulle et que, par exemple, en 1969, 1970 et 1971, 30 % des travailleurs environ n'ont pas reçu de doses de radiation professionnelle.

Depuis cette date, cette proportion a tendance à augmenter et en 1978, elle est de l'ordre de 40,5 % (8.494 cas de dose nulle sur 20.972 dossiers); en 1980, elle atteint presque les 50 % (11.012 su 23.318).

En regardant l'évolution des doses nulles par secteur,

dans la période de 1973 à 1980, on voit que le pourcentage des doses nulles augmente dans chaque secteur mais que c'est surtout dans le secteur des soins que l'amélioration est importante.

	<u>SOINS</u> :	<u>INDUS-</u> <u>TRIE</u> :	<u>RECHERCHE ET</u> <u>ENSEIGNEMENT</u> :	<u>PRODUC-</u> <u>TEURS</u> :	<u>TOTAL</u> :
1973 :	18,5	56	53	49,5	42,5
1980 :	39	58	52	44,5	47

En ce qui concerne les doses reçues par travailleurs qui sont supérieures à 1,5 rem/an, de 1973 à 1980, leurs expressions en pourcentage des travailleurs exposés dans les divers secteurs d'activités considérés sont les suivantes :

<u>SOINS</u> :	3,93 % à 0,99 %
<u>ENTREPRISES INDUSTRIELLES</u> <u>ET COMMERCIALES</u> :	2,03 % à 1,57 %
<u>RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT</u> :	0,49 % à 1,19 %
<u>PRODUCTEURS</u> :	5,91 % à 8,75 %

Selon ce critère, le secteur des producteurs comporte dont le risque le plus élevé.

Les dépassements de dose de 1969 à 1971 représentaient chaque année une proportion de l'ordre de 2 ‰ des travailleurs professionnellement exposés. Depuis 1971, ces chiffres ont encore été abaissés et à titre d'illustration, voici quelques données sur l'année 1980 : sur les 23.318 travailleurs professionnellement exposés, 22.942 ont reçu une dose inférieure ou égale à 1,5 rem, 369 ont reçu une dose se situant entre plus de 1,5 rem et 5 rem, et il n'y a eu que 7 dépassements de dose. Si l'on considère le total des dépassements dans la période 1973-1980, on arrive aux chiffres suivants :

<u>SOINS</u> :	9 dépassements/10.000 travailleurs exposés.
<u>ENTREPRISES INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES</u> :	9 dépassements/10.000 travailleurs exposés.
<u>RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT</u> :	7,5 dépassements/10.000 travailleurs exposés.
<u>PRODUCTEURS</u> :	15 dépassements/10.000 travailleurs exposés.

L'expérience découlant d'enquêtes effectuées sur le lieu du travail nous a appris que très souvent les doses relativement élevées reçues par les travailleurs sont dues à un enchaînement de causes, c'est ainsi que par exemple, dans un hôpital ancien, aux locaux vétustes, bien qu'équipé de façon moderne, nous avons constaté que souvent les malades devant subir des examens radiographiques devaient parcourir de longs couloirs et attendre dans ceux-ci pour subir ces examens. Il s'en-suivait des refroidissements fréquents et pour éviter ceux-ci, bon nombre d'examens radiographiques (RX du thorax) étaient pratiqués dans les salles ou chambres d'hospitalisation (au lit du malade), de sorte que le personnel infirmier recevait des doses de rayonnements supérieures à la moyenne, par suite de cette pratique.

Nous avons aussi observé dans beaucoup d'hôpitaux et de cliniques que durant la période des vacances, le personnel para-médical des services de radiologie était plus irradié professionnellement car il était amené, à cause des congés, à effectuer des remplacements de collègues plus au courant qu'eux des techniques utilisées.

Nous avons aussi observé que généralement dans les installations à haut risque (centres nucléaires, centrales atomiques), les mesures de protection rigoureuses et la meilleure discipline concourent au fait que pratiquement ces travailleurs sont professionnellement peu irradiés.

Encore faut-il souligner une tendance qui tend à se développer, à savoir : confier à des entreprises sous-traitantes des travaux de réparations ou d'entretiens dans les zones contrôlées. Comme ce personnel est extérieur à ces entreprises, les doses reçues par celui-ci ne figurent pas dans les informations fournies par ces établissements à haut risque. Cette remarque nuance donc les propos optimistes que nous venons d'émettre.

A l'avenir, il s'imposera de pratiquer une plus fine caractérisation du personnel soumis au risque de radiation et des difficultés sont à prévoir lors de la mise en application du système d'unité international (système S.I.); notamment pour les mesures des doses de radiations. De telles données sont actuellement disponibles pour certains pays.

CONCLUSION :

La Belgique est un des rares pays où depuis plus de 15 ans, des données globales sont disponibles au sujet de l'irradiation professionnelle des travailleurs exposés.

Le risque radiologique qui découle de cette exposition professionnelle est maintenu dans des limites acceptables qui sont celles fixées par les instances internationales (I.C.R.P. - Commission internationale de protection radiologique, entre autres).

Ce bon résultat a pu être obtenu grâce à une excellente collaboration entre les employeurs, les travailleurs et leurs représentants, entre les services de contrôle physique des radiations et les services médicaux du travail sur les lieux du travail ainsi qu'avec les divers services d'inspection des départements ministériels concernés.

TABLEAU I

Nombre de travailleurs exposés

Année	Etablissements de soins	Entreprises Industrielles et commerciales	Recherche et enseignement	Producteurs	Total
1965	1.532	977	1.101	1.881	5.491
1970	3.237	2.070	4.100	1.890	11.297
1971	3.706	2.514	4.337	2.044	12.601
1972	3.955	2.543	4.931	1.969	13.398
1973	4.658	2.485	6.100	2.140	15.381
1974	5.133	2.821	6.269	2.309	16.332
1975	5.697	3.071	6.510	2.292	17.570
1976	6.393	3.383	6.625	2.445	18.846
1977	8.222	3.815	5.913	2.652	20.602
1978	7.885	3.889	6.374	2.824	20.972
1979	8.705	4.182	6.983	2.980	22.850
1980	8.991	4.280	7.008	3.039	23.318

TABLEAU II

Répartition par secteur des doses d'origine professionnelle
Renseignements puisés dans les copies des tableaux d'irradiation

	Secteurs	Doses non mesurées	Doses partiellement mesurées	Valeur des doses mesurées en rem					Totaux
				Nullés	jusque 0,150	+ de 0,150 à 1,5	+ de 1,5 à 5	Dépassements	
1973	Etablissements de soins	2		856	2.320	1.295	174	9	4.656
	Entreprises industrielles et commerciales			1.388	658	389	48	2	2.485
	Recherche et enseignement			3.248	1.816	972	57	7	6.100
	Producteurs			1.055	549	393	127	16	2.140
	Totaux	<u>2</u>		<u>6.547</u>	<u>5.343</u>	<u>3.049</u>	<u>406</u>	<u>34</u>	<u>15.381</u>
	1974	Etablissements de soins			1.132	2.434	1.393	164	10
Entreprises industrielles et commerciales				1.583	807	376	48	7	2.821
Recherche et enseignement				3.096	2.151	947	62	13	6.269
Producteurs				1.257	390	469	186	7	2.309
Totaux				<u>7.068</u>	<u>5.782</u>	<u>3.185</u>	<u>460</u>	<u>37</u>	<u>16.532</u>

TABLEAU II (suite)

	Secteurs	Doses non mesurées	Doses partiellement mesurées	Valeur des doses mesurées en rem					Totaux
				Nulles	jusque 0,150	+ de 0,150 à 1,5	+ de 1,5 à 5	Dépassements	
1975	Etablissements de soins	1		1.246	2.886	1.422	138	4	5.697
	Entreprises industrielles et commerciales			1.261	1.318	435	54	3	3.071
	Recherche et enseignement			3.206	2.422	826	47	9	6.510
	Producteurs			1.099	603	446	142	2	2.292
	Totaux	1		6.812	7.229	3.129	381	18	17.570
	1976	Etablissements de soins			1.501	2.895	1.860	151	12
Entreprises industrielles et commerciales				1.653	937	539	64		3.193
Recherche et enseignement				3.555	1.995	1.024	40	2	6.616
Producteurs				1.099	525	607	213	1	2.445
Totaux				7.808	6.352	4.030	468	15	18.673

TABLEAU II (suite)

	Secteurs	Doses non mesurées	Doses partiellement mesurées	Valeur des doses mesurées en rem					Totaux
				Nulles	jusque 0,150	+ de 0,150 à 1,5	+ de 1,5 à 5	Dépassements	
1977	Etablissements de soins			2.114	4.007	1.940	153	8	8.222
	Entreprises industrielles et commerciales			1.933	1.221	601	55	5	3.815
	Recherche et enseignement			3.570	1.726	588	28	1	5.913
	Producteurs			1.232	580	640	197	3	2.652
	Totaux			<u>8.849</u>	<u>7.534</u>	<u>3.769</u>	<u>433</u>	<u>17</u>	<u>20.602</u>
	<hr/>								
1978	Etablissements de soins			2.569	3.668	1.539	107	2	7.885
	Entreprises industrielles et commerciales			2.058	1.252	516	59	4	3.889
	Recherche et enseignement			2.705	2.730	899	39	1	6.374
	Producteurs			1.162	662	833	167		2.824
	Totaux			<u>8.494</u>	<u>8.312</u>	<u>3.787</u>	<u>372</u>	<u>7</u>	<u>20.972</u>

TABLEAU II (suite)

	Secteurs	Doses non mesurées	Doses partiellement mesurées	Valeur des doses mesurées en rem					Totaux
				Nulles	jusque 0,150	+ de 0,150 à 1,5	+ de 1,5 à 5	Dépassements	
1979	Etablissements de soins			3.039	4.026	1.553	84	3	8.705
	Entreprises industrielles et commerciales			2.095	1.397	609	76	5	4.182
	Recherche et enseignement			3.240	3.110	593	38	2	6.983
	Producteurs			1.169	696	874	241		2.980
	Totaux			<u>9.543</u>	<u>9.229</u>	<u>3.629</u>	<u>439</u>	<u>10</u>	<u>22.850</u>
	1980	Etablissements de soins			3.517	3.947	1.423	100	4
Entreprises industrielles et commerciales				2.493	1.218	482	87		4.280
Recherche et enseignement				3.647	2.638	683	38	2	7.008
Producteurs				1.355	682	857	144	1	3.039
Totaux				<u>11.012</u>	<u>8.485</u>	<u>3.445</u>	<u>369</u>	<u>7</u>	<u>23.318</u>

BIBLIOGRAPHIE :

- (1) - Directive du Conseil, du 15 juillet 1980, portant modification des directives fixant les normes de base relatives à la protection paritaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.
(Journal officiel des communautés européennes L 246 du 17 septembre 1980).
- (2) - P. HUBLET - Annales de l'Association belge de Radioprotection - vol 5 n° 1 p. 5-24. 1980.
L'exposition professionnelle aux radiations ionisantes en Belgique.
- (3) - Arrêté royal du 25 mai 1982 relatif à l'établissement de redevances en application de la réglementation concernant les radiations ionisantes.
(Moniteur belge du 25 juin 1982).
- (4) - Arrêté royal du 15 octobre 1979 créant et organisant une Commission interministérielle de la sécurité nucléaire et de la sûreté de l'Etat dans le domaine nucléaire.
(Moniteur belge du 23 octobre 1979).
- (5) - Arrêté royal du 14 août 1981 portant organisation et statut administratif du personnel du service de protection contre les radiations ionisantes.
(Moniteur belge du 25 août 1981).
- (6) - Arrêté royal du 7 août 1981 relatif à l'organisation et au statut du personnel du service de la sécurité technique des installations nucléaires.
(Moniteur belge du 19 août 1981).

- (7) - Règlement général pour la protection du travail -
annexe II - 2e - Arrêté royal du 10 avril 1974.
(Moniteur belge du 8 mai 1974).

- (8) - Loi du 28 décembre 1977 garantissant la protection
des médecins du travail.
(Moniteur belge du 18 janvier 1978).

SAMENVATTING :

Eerst komt een beschrijving van de wijze waarop het toezicht in België gehouden wordt op de gezondheid van de werknemers die blootgesteld worden aan ioniserende stralingen. Deze studie is een aanpassing aan de nieuwste gegevens thans beschikbaar uit een eerder verschenen artikel, teruggenomen in de hierbij gevoegde bibliografie (ref. 1.).

Vertrekkende van de door de Internationale Commissie voor Radiologische Bescherming (I.C.R.P.) uitgewerkte beginselen en van de Euratom normen, wordt de Belgische wetgeving uiteengezet en in grote lijnen uitgelegd.

Er wordt commentaar gegeven over de verzamelde statistieken die betrekking hebben tot de individuele doses opgelopen door de blootgestelde werknemers in verschillende categorieën van ondernemingen.

Een paar voorbeelden tonen de moeilijkheden aan die men tegenkomt tijdens de praktische toepassing van de reglementering. De schrijver besluit dat men het radiologisch risico beheerst dankzij de in dienststelling van technische en administratieve structuren, op niveau van de Staat en van de ondernemingen, die, in de praktijk, als doeltreffend verschenen zijn.

SUMMARY :

The author describes the supervision modes of the health of the workers who are exposed to ionizing radiations in Belgium.

This study is an adaptation of the most recent data, actually available from an earlier published paper which can be found under ref. 1. of the bibliography.

Starting from the principles developed by the International Commission for Radiological Protection (I.C.R.P.) and the Euratom standards, the Belgian legislation is exposed and briefly explained.

Comments are made on the sampled statistics regarding the individual doses absorbed by the workers exposed to radiations in different classes of firms.

Some examples are showing the difficulties encountered while applying the regulations in practice.

The writer concludes that the radiological risk is brought under control thanks to the setting up of technical and administrative structures, at State and firms level, which, in practice, proved their efficiency.

ZUSAMMENFASSUNG :

Der Autor gibt eine Beschreibung von den Aufsichtsweisen der Gesundheit der Arbeiter die in Belgien zu ionisierender Strahlung exponiert werden.

Diese Auseinandersetzung ist eine Anpassung zu den allerneuesten Angaben, zurzeit verfügbar aus einem vorher herausgegebenen Artikel, zurück zu finden in der hier beigefügten Bibliographie (réf. 1.).

Ausgehend von den durch die Internationale Kommission für Strahlungsschutz (I.C.R.P.) entwickelten Grundgesetzen und den Euratom Vorschriften, wird die Belgische Gesetzgebung ausgesetzt und etwas erklärt.

Kommentar wird gegeben bezüglich der eingesammelten Statistik die sich bezieht auf die durch die Arbeiter zugezogene einzelne Strahlungsdosis in verschiedenen Unternehmungsgruppen.

Einige Beispiele veranschaulichen die angetroffenen Schwierigkeiten während der praktischen Anwendung der gesetzlichen Regelung.

Für den Autor lässt sich daraus schliessen dass man die Strahlungsgefahr beherrscht durch die Einsetzung von technischen und verwaltenden Strukturen auf Stats- und Unternehmungsfläche die sich praktisch wirkungsvoll gezeigt haben.

HET TOEZICHT OP DE GEZONDHEID VAN WERKNEMERS
BLOOTGESTELD AAN RADIOIONISERENDE STRALEN.

- x Professor P. HUBLET, Inspecteur-generaal - Diensthoofd van de Dienst voor de technische veiligheid van de kerninstallaties.

Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, Belliardstraat
53, 1040 BRUSSEL

Professor aan de "Université libre de Bruxelles".

November 1982.

SAMENVATTING :

De auteur beschrijft de wijze waarop het toezicht in België gehouden wordt op de gezondheid van de werknemers die blootgesteld worden aan ioniserende stralingen. Deze studie is een aanpassing aan de nieuwste gegevens thans beschikbaar uit een eerder verschenen artikel, teruggenomen in de hierbij gevoegde bibliografie (ref. 1).

Vertrekkende van de door de Internationale Commissie voor Radiologische Bescherming (I.C.R.P.) uitgewerkte beginselen en van de Euratom normen, wordt de Belgische wetgeving uiteengezet en in grote lijnen uitgelegd. Er wordt commentaar gegeven over de verzamelde statistieken die betrekking hebben tot de individuele doses opgelopen door de blootgestelde werknemers in verschillende categoriën van ondernemingen. Een paar voorbeelden tonen de moeilijkheden aan die men tegenkomt tijdens de praktische toepassing van de reglementering. De schrijver besluit dat men het radiologisch risico beheerst dankzij de in dienststelling van technische en administratieve structuren, op niveau van de Staat en van de ondernemingen, die, in de praktijk, doeltreffend gebleken zijn.

- x De Nederlandse versie van de tekst en de voordracht ervan werd verzekerd door Dr. VANVOSSEL, Geneesheer- Hygiënist (Radioprotectie) van de Dienst voor de technische veiligheid van de kerninstallaties, tijdens een gemeenschappelijke vergadering tussen de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming en de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne, gehouden te Mol (België), op 5 november 1982.

I. INLEIDING :

Het toezicht op de gezondheid van werknemers blootgesteld aan radioïoniserende straling wordt uigeoefend conform met de richtlijnen van de Raad der Europese gemeenschappen die de normen vastleggen op het vlak van de sanitaire bescherming van de bevolking en de arbeiders i.v.m. radioïoniserende straling.

Deze normen zijn zelf gebaseerd op de aanbevelingen die door I.C.R.P. worden uitgevaardigd. Het verschijnen van de publicaties 9, 26 en 30 van het I.C.R.P. heeft geleid tot een herziening van de Euratom-basisnormen in de richtlijn van de Raad van 15 juli 1980, houdende wijziging van de richtlijnen tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werknemers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren - verschenen in het Publicatieblad van de E.G. van 17 september 1980. (1).

Op dit moment wordt de Belgische Reglementering, in het licht van deze nieuwe richtlijn, herzien.

II. DE BELGISCHE WETGEVING :

De basiswet waarop de Belgische reglementering steunt, is de wet van 29 maart 1958 betreffende de bescherming van de bevolking tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren, gewijzigd bij de wetten van 29 mei 1963 en 3 december 1969. (2).

Deze wet werd uitgevaardigd op een moment dat de landen en de bevolking zich zorgen maakten over de radioactieve fall-out ten gevolge van de militaire kernproeven in de atmosfeer door de "grote atoommogendheden".

Van beide wijzigingen, in 1963 en 1969 is vooral de laatste belangrijk. Deze wijziging stelt, dat :

"De koning mag bepalen dat retributies worden geheven ten bate van de Staat of van erkende controleinstellingen om, geheel of gedeeltelijk, de bestuurs-, controle- of toezichtskosten te dekken, welke de toepassing meebrengt van de in uitvoering van deze wet getroffen reglementering. Hij stelt het tarief en wijze van betaling van de retributies vast. De ter uitvoering van dit lid te nemen besluiten worden medeondertekend door de Minister van Tewerkstelling en Arbeid, door de Minister van Volksgezondheid en door de Minister van Economische Zaken".

Deze mogelijkheid om retributie te heffen werd onlangs, door het koninklijk besluit van 25 mei 1982, in de praktijk omgezet. (3).

Dit besluit stelt de wijze van heffing en het bedrag van de retributies vast bij toepassing van de reglementering betreffende de ioniserende stralingen.

De voornoemde wet kenmerkt zich door de belangrijkheid van de strafmaatregelen (artikel 7) die gaan van 1.000 à 10.000 Belgische frank (50 à 500 gulden) en/of een gevangenisstraf van 3 maanden à 2 jaar. (De boetebedragen dienen vermenigvuldigd te worden met een coëfficiënt, dat op dit moment 60 is, dus 60.000 à 600.000 fr.)

De Belgische reglementering baseert zich dus voornamelijk op deze wet, want haar toepassingsgebied is zeer breed.

De uitvoeringsbesluiten van 28 februari 1963.

Deze uitvoeringsbesluiten werden opgesteld na raadpleging van diverse betrokkenen, zijnde de betrokken mini-

steriële departementen en de gebruikers van ioniserende stralingen.

In feite, is elk ministerieel departement bevoegd, voor de toepassing van het reglement, op het terrein dat het beheert. Het groot aantal geïmpliceerde departementen en administraties is soms een bron van moeilijkheden. Men kan enkele departementen vermelden : Ministerie van Economische Zaken, Energie Administratie; Ministerie van Volksgezondheid, Bestuur van de Volksgezondheid en Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie; Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, Administratie van de Arbeidsveiligheid, Administratie van de Arbeidshygiëne en -geneeskunde; Ministerie van Landbouw, enz...

De moeilijkheden, te wijten aan de vermenigvuldiging van bevoegde overheden, werden opgevangen door een degelijk samenwerkingsklimaat tussen alle departementen en door het oprichten van een coördinatieorgaan, de Interministeriële Commissie voor de nucleaire veiligheid en de veiligheid van de Staat op kerngebied". (4). Tengevolge van het Three-Mile-Island incident te Harrisburg-Pennsylvania VS - in maart 1980, besloot de Belgische regering het toezicht op het gebruik van radioïoniserende straling te verstrengen en hiervoor richtte ze twee nieuwe diensten op :

- de Dienst voor Bescherming tegen Ioniserende Stralingen, toegevoegd aan het Bestuur Volksgezondheid van het Ministerie van Volksgezondheid. (5).
- de Dienst voor de technische veiligheid van de kerninstallaties, toegevoegd aan de administratie van de Arbeidsveiligheid van het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid. (6).

Vergunningsprocedure.

Zoals het ook geldt voor andere gevaarlijke, ongezonde of hinderlijke inrichtingen of substanties in België,

werden de invoer, de produktie, het vervaardigen, enz... van apparaten, installaties of stoffen die ioniserende stralingen kunnen verspreiden ingedeeld in klassen, naargelang de aard en de belangrijkheid van het risico. Er bestaan 4 klassen.

De klasse waarin de inrichting werd ingedeeld, bepaalt de procedure die dient gevolgd te worden om van de bevoegde overheden een vergunning te bekomen.

De inrichtingen van de 3 eerste klassen zijn onderworpen aan een voorafgaandelijke vergunning, die, wanneer ze toegekend wordt, eventueel kan leiden tot een definitieve vergunning, indien de voorwaarden opgelegd door het reglement en eventueel bijkomende voorwaarden opgelegd door de overheid, vervuld zijn.

Een belangrijk kenmerk op het vlak van de veiligheid in de reglementering, is, dat zelfs indien de exploitatie vergund is, het op elk moment mogelijk is nieuwe voorwaarden op te leggen aan de uitbater.

Deze bepaling is belangrijk. Men is er toegekomen dat België, en dit is een garantie voor de bevolking en de werknemers, het enig land was van de Europese Gemeenschap die deze mogelijkheid voorbeheld.

De klasse I, omvat de inrichtingen waar een criticiteitsrisico bestaat. Ze omvat, naast de kernreactoren, de opwerkingsinrichtingen voor bestraalde brandstof, aangrijkt of niet, en ook de inrichtingen waar hoeveelheden splijtbare stoffen (natuurlijk uranium uitgezonderd) worden aangewend of in bezit gehouden groter dan de helft van de minimale kritische massa.

Voor de inrichtingen van klasse I, kunnen de betrokken Ministers, slechts de installatie- of uitbatingsvergunning toestaan, na gunstig advies van de Speciale Commissie. Deze schikking waarbij de uitvoerende macht

ondergeschikt wordt aan een gunstig advies van een Commissie, is uniek in het administratief recht.

De Speciale Commissie bestaat uit ambtenaren van de betrokken ministeries (Ministerie van Volksgezondheid, Bestuur van Volksgezondheid, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie - Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid, Administratie van de Arbeidsveiligheid, Administratie van de Arbeidshygiëne en -geneeskunde) en 10 personaliteiten gekozen wegens hun bijzondere wetenschappelijke bevoegdheden in disciplines die nauw aansluiten bij de radioprotectie (kernfysica, kernchemie, radiobiologie, biologie, meteorologie, enz...). (x).

Klasse II, omvat de inrichtingen waar willekeurige hoeveelheden, niet in klasse I vermelde splijtbare stoffen (natuurlijk uranium uitgezonderd) worden aangewend of in bezit gehouden en ook de inrichtingen waar hoeveelheden radioactieve nucliden worden aangewend of in bezit gehouden, waarvan de totale activiteit begrepen is in de reeks van de waarde X2 van een tabel.

In de tabel worden de radionucliden ingedeeld in 4 klassen, naargelang hun radiotoxiciteit.

Klasse II bevat eveneens de inrichtingen die de radioactieve afval verzamelen, behandelen, verpakken en

(x) (Koninklijk besluit van 28 februari 1963 - Belgisch Staatblad van 16 mei 1963 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen - Artikel 6.6. - Samenstelling en statuut van de Speciale Commissie).

opslaan, de inrichtingen die niet-verplaatsbare toestellen gebruiken, die röntgenstralen voortbrengen en onder een topspanning van meer dan 200 kV kunnen werken en de deeltjesversnellers.

In de klasse III deelde men de inrichtingen waar radioactieve nucliden worden aangewend waarvan de totale activiteit begrepen is in de X3 waarden van de tabel (of 100X3 voor ingekapselde bronnen).

Daarnaast vindt men er de inrichtingen die niet-verplaatsbare toestellen gebruiken, die röntgenstralen voortbrengen en onder een topspanning van 200 kV of minder kunnen werken, evenals de inrichtingen die verplaatsbare RX-generatoren gebruiken.

Klasse IV bevat de inrichtingen waar hoeveelheden radioactieve nucliden aangewend of in bezit gehouden worden, gerangschikt volgens hun radiotoxiciteit zoals voor de 2 voorgaande klassen. Daarnaast worden inrichtingen die toestellen bezitten of aanwenden die radioactieve stoffen bevatten, in grotere hoeveelheden dan toegelaten voor de klasseindeling, ook ingedeeld in klasse IV mits er o.a. voldaan is aan de volgende voorwaarde : dat de dosis 0,1 mRem/uur niet overschreden wordt op elk bereikbaar punt 0,1 m van de oppervlakte van de bron. Voor inrichtingen van klasse IV is geen enkele vergunningsformaliteit of aangifteformaliteit vereist. Dit betekent echter geenszins dat deze inrichtingen de andere bepalingen van het reglement niet dienen te respecteren.

Deze ingedeelde inrichtingen, zijn, behalve deze van klasse IV, onderworpen aan een vergunningsprocedure. De klasse bepaalt welke bevoegde overheid de uitbatingsvergunning zal afleveren, welke procedure er gevolgd moet worden en welke voorwaarden door de uitbater moet worden vervuld.

Naast deze vergunningsprocedure bezit de Belgische reglementering nog andere belangrijke kenmerken : de rol van de fysische controle en de rol van de medische controle op de blootgestelde werknemers.

De Fysische controle is toevertrouwd aan het hoofd van de fysische controle. De beroepsbekwaamheid en de vereiste ervaring nodig om als hoofd erkend te worden hangen af van de klasseindeling van de inrichting. De opdrachten van de dienst voor de fysische controle bestaan uit het radiologisch toezicht van de inrichting (veiligheid en gezondheid) en van de omgeving. De specifieke taken zijn beschreven in de reglementering en omvatten o.a. : de afbakening en de signalisatie van de gecontroleerde zones, het onderzoek en de voorafgaande goedkeuring van de ontwerpen van installaties die een gevaar voor bestraling of kritici- teit inhouden, het bepalen van de intensiteit van de straling en de aanduiding van de aard van de straling in de betrokken plaatsen.

Behalve voor de inrichtingen van klasse I, kan de dienst voor fysische controle toevertrouwd worden aan een erkend organisme.

De medische controle van blootgestelde werknemers.

Dit toezicht wordt uitgeoefend door erkende arbeidsge- neesheren. De radiologische bescherming berust op de notie van de gecontroleerde zone. Dit is een zone waar beroepshalve blootgestelde personen een dosis kunnen ontvangen die hoger is dan 1,5 rem/jaar. In deze zone oefenen de fysische controle en de medische controle hun toezicht uit.

De arbeiders dienen een erkende dosimeter te dragen om de individuele dosis te meten. De dosimetriegegevens worden door de dienst voor fysieke controle aan de medische controledienst overgemaakt zodat de arts voor elke werknemer, in functie van de familiale en persoonlijke antecedenten, die hij als enige kent, de biologische betekenis van de gekregen dosis kan interpreteren. Dit is één van de elementen op dewelke hij zich baseert om te beslissen over de al dan niet geschiktheid om deze werkpost te bekleden.

De maximaal toelaatbare dosis werd vastgelegd op 5 rem/jaar voor blootstelling van het hele organisme, voor de werknemers van 18 jaar of meer. De dosis dient in de volgende basisformule geïntegreerd te worden om tot de gecumuleerde dosis te komen :

$D = 5 (N-18)$ waarbij $N =$ leeftijd werknemer en $D =$ dosis in rem. Daarenboven mag de maximale dosis over 13 achtereenvolgende weken niet meer dan 3 rem bedragen (3rem per trimester). Ook dienen de afschermingen dusdanig te zijn dat een dosis van 100 mrem/week voor een arbeider die 8 uur per dag werkt, niet overschreden wordt. (5 rem : 50 weken = 100 mrem/week). Het reglement legt ook maximaal toelaatbare doses vast voor gedeeltelijke bestraling.

De waarden van de individuele dosimetrie worden in een Bestralingstabel ingeschreven. Elk jaar, voor 1 februari (van het jaar dat volgt op dit van de betrokken gegevens) dient de werkgever 3 gelijkvormige exemplaren van deze bestralingstabel op te sturen naar de Administratie van de Arbeidshygiëne en -geneeskunde van het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid.

In feite, wordt de Bestralingstabel opgesteld aan de hand van de dosis die op de bestralingskaarten staan. Deze bestralingskaarten zitten in het medisch arbeidsgeneeskundig dossier.

De bestralingstabel is bedoeld om de overheden te informeren over het risico dat de arbeider loopt.

Een exemplaar (van de 3), wordt door het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid overgemaakt aan het Ministerie van Volksgezondheid, dat de bepaling van de bevolkingsdosis in zijn bevoegdheid heeft. Deze dosis wordt o.a. bepaald op basis van de gemiddelde dosis van beroepshalve blootgestelden.

Er dient op gewezen te worden dat het radiologisch risico een van de vele risico's is die op de werkplaatsen voorkomen, naast o.a. beroepsziektenrisico, ongevalrisico, en dat het behandeld wordt door de arbeidsgeneeskundige diensten, die opgericht werden door het K.B. van 16/4/65 (Belgisch Staatsblad van 4/6/65) en die in de praktijk functioneren sinds 1/8/68.

Zoals bekend, de arbeidsgeneeskundige diensten zijn ofwel eigen aan een bedrijf, of gemeenschappelijk aan verscheidene bedrijven, en dan worden ze interbedrijfs-geneeskundige dienst genoemd.

De interbedrijfs-geneeskundige diensten hebben een territoriale of een professionele bevoegdheid. Ze worden erkend door het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid op advies van een erkenningscommissie. De erkenningscriteria hebben betrekking op :

- de lokalen
- het materieel
- het personeel (onder deze criteria bestaan o.a. de-gene die betrekking hebben op de bevoegdheden van de arbeidsgeneesheren).

De opdrachten en taken van deze diensten werden vastgesteld in het art. 104 - § 2 van het Algemeen Reglement voor de arbeidsbescherming (ARAB).

Wat het toezicht op de gezondheid van de arbeiders betreft, staan de radioioniserende stralingen vermeld in de lijst van schadelijke agentia voor dewelke het medisch toezicht van de arbeiders verplicht is.

(Groep 2.1.)

Bij wijze van voorbeeld, kunnen volgende specifieke onderzoeken die uitgevoerd worden bij blootstelling aan radioioniserende straling vermeld worden :

scanning van de aantastbare organen en van het volledig organisme;

of -dosimetrie van de urine, het bloed en de haren;

of -hematologisch onderzoek;

of -oog-, dermatologisch en genitaal onderzoek;

of -dosering van aminozuren in de urine

De frekwentie van het medisch onderzoek is semestrieel voor de beroepshalve blootgestelde personen van categorie A, d.i. deze die werken in een gecontroleerde zone, en jaarlijks voor de anderen. (7).

Deze lijst van speciale uit te voeren onderzoeken is voor de geneesheer van aanwijzende aard, zoals het gewoonlijk uitgedrukt wordt, aangezien de geneesheren in het kader van de arbeidsgeneeskunde zoals in de gewone uitoefening van de geneeskunde over een technische en morele onafhankelijkheid beschikken. Ze hebben dus de mogelijkheid om tot de voorziene of andere biologische navorsingen over te gaan op kosten van de werkgevers om zich te verzekeren van de geschiktheid van de aan beroepsrisico's blootgestelde werknemers en hun morele onafhankelijkheid ten opzichte van de werkgevers. De technische en morele onafhankelijkheid van de arbeidsgeneesheren is verzekerd door een specifieke wet die een speciale procedure voorziet betreffende hun aanwerving en hun eventueel ontslag. (8).

III. ANALYSE VAN DE BESTAANDE TOESTAND

Deze analyse werd uitgevoerd op basis van de bestralingstabellen die door de werkgever, per blootgestelde arbeider, verzonden werden naar de Administratie van de Arbeidshygiëne en -geneeskunde van het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid. In deze administratie wordt een dossier per werkgever en per werknemer aangelegd.

De essentiële gegevens met betrekking tot de blootgestelde arbeiders worden teruggevonden in de volgende tabel (Tabel I). In deze tabel worden de arbeiders in 4 grote sectoren onderverdeeld : de sektor gezondheidszorg, de industriële en commerciële bedrijven, de sektor research en onderwijs en de sektor produktie. Onder deze laatste rubriek vallen de grote kerninstallaties (Centrum voor Kernenergie te Mol, de bedrijven waar nucleaire brandstof wordt gemaakt, de kerncentrales, de opwerkingsfabrieken. (Eurochemie te Dessel).

Men merkt op dat van 1965 tot 1970, dus in 5 jaar, het totaal aantal blootgestelde arbeiders meer dan verdubbeld is, vermits het van 5.491 naar 11.297 gaat. Van 1971 tot 1980, verdubbelt dit cijfer opnieuw; van 12.602 tot 23.318.

Beschouwt men de 4 sectoren afzonderlijk, dan tonen de tabellen de evolutie van het aantal blootgestelde arbeiders per sektor aan.

	<u>GEZOND- HEIDS- ZORG</u>	<u>INDUSTRIE</u>	<u>ONDERZOEK EN ONDERWIJS</u>	<u>PRODUKTIE</u>	<u>TOTAAL</u>
1965 :	1.532	977	1.101	1.881	5.491
1970 :	3.237	2.070	4.100	1.890	11.297
1980 :	8.991	4.280	7.008	3.039	23.318

Men kan hierbij volgende feiten noteren :

- tijdens de eerste vijf jaren verdubbelt het aantal blootgestelden in de sektor gezondheidszorg, en in de periode 70-80 verdrievoudigd hij opnieuw in deze sektor.
- in de sektor "industrie", verdubbelt het aantal eveneens in de eerste periode, en eveneens in de tweede periode;
- ook het aantal blootgestelde arbeiders in de sektor "Onderzoek en Onderwijs" evolueert erg. In de periode voor 1970 verviervoudigt het aantal, en het verdubbelt in de 10 volgende jaren.
- wat de sektor "produktie" betreft is het aantal stabiel voor 1970, maar in de 10 volgende jaren is er een stijging van 60 %.

De verhoging van het aantal blootgestelde arbeiders in de sektor gezondheidszorg is te wijten aan de ontwikkeling van de nucleaire geneeskunde en het gebruik van radioisotopen op diagnostisch en therapeutisch vlak. Het gebruik van radioisotopen is eveneens de reden van verhoging van het aantal blootgestelde arbeiders in de industriële en commerciële sektor en in de sektor onderzoek en onderwijs. In de sektor produktie is de verhoging te wijten aan de ingebruikname van de nieuwe kerncentrales.

In 1980, is de sektor gezondheidszorg verantwoordelijk voor ongeveer 40 % van het totaal aantal blootgestelde arbeiders, onderzoek en onderwijs voor 30 %, de industrie voor iets minder dan 20 % en de produktie voor iets meer dan 10 %.

IV. BESPREKING :

Sinds het in voege treden van het reglement, dient elke dosisoverschrijding onderzocht met een onderzoek ter plaatse. Benevens dit, wordt ook een onderzoek ingesteld indien de doses verkregen door de arbeiders hoger liggen dan in bedrijven met dezelfde activiteit.

De groeiende bewustwording van de arbeiders en van de werkgevers omtrent het radiologisch risico wordt aangetoond door de evolutie van het aantal niet-gemeten of gedeeltelijk gemeten doses. Dit aantal daalde sterk van 13,22 % (1.275 op 5.491) in 1965 tot 0,1 % in 1970 (12 gevallen op 11.297 dossiers). Sinds 1970, is dit aantal onder de 0,1 % gebleven.

Een groot aantal blootgestelde arbeiders ontvangen geen dosis (nul-dosis). Zo ontvingen 30 % van de arbeiders in 1969, 1970 en 1971 geen stralingsdosis. Sinds 72 stijgt dit aantal en in 1978 komt men tot 40,5 % (8.494 gevallen nul-dosis op 20.972 dossiers); in 1980 wordt de 50 % bereikt (11.012 op 23.318).

De volgende tabel toont de evolutie van de nul-doses per sektor in de periode 1973 tot 1980. Het percentage nul-doses stijgt in elke sektor, maar het is vooral in de sektor gezondheidszorgen waar de verbetering duidelijk is.

	<u>GEZOND- HEIDS- ZORG</u>	<u>INDUSTRIE</u>	<u>ONDERZOEK EN ONDERWIJS</u>	<u>PRODUKTIE</u>	<u>TOTAAL</u>
1973 :	18,5	56	53	49,5	42,5
1980 :	39	58	52	44,5	47

Een andere tabel toont het aantal doses groter dan 1,5 rem/jaar (1973 tot 1980). De extreme waarden variëren per sector van :

GEZONDHEIDSZORG	: 3,93 % tot 0,39 %
INDUSTRIE	: 2,03 % tot 1,57 %
ONDERZOEK EN ONDERWIJS	: 0,49 % tot 1,19 %
PRODUKTIE	: 5,91 % tot 8,75 %

Volgens dit criterium, is de produktiesector dus verantwoordelijk voor het hoogste risico.

De dosisoverschrijdingen bedroegen elk jaar 2 ‰ van het aantal blootgestelde arbeiders in de jaren 1969 tot 1971. Sinds 1971, daalden deze cijfers stelselmatig.

De cijfers van 1980 tonen de verhoudingen aan :

op 23.318 beroepshalve blootgestelde personen, kregen er 22.942 een lagere dosis dan 1,5 rem, 369 kregen een dosis tussen 1,5 en 5 rem en er traden slechts 7 dosisoverschrijdingen op.

Als men het aantal overschrijdingen in de periode 1973-80 bekijkt, bekomt men volgende cijfers :

GEZONDHEIDSZORG	: 9 overschrijdingen/10.000 blootgestelde arbeiders
INDUSTRIE	: 9 overschrijdingen/10.000 blootgestelde arbeiders
ONDERZOEK EN ONDERWIJS	: 7,5 overschrijdingen/10.000 blootgestelde arbeiders
PRODUKTIE	: 15 overschrijdingen/10.000 blootgestelde arbeiders

De ervaring opgedaan bij onderzoeken op de arbeidsplaats heeft ons geleerd dat hoge doses zeer vaak te wijten zijn aan een samenloop van oorzaken. Zo kan men het voorbeeld aanhalen van een oud hospitaal, met zeer oude lokalen, maar met zeer moderne apparatuur. De zieken die RX-onderzoeken dienden te ondergaan, dienden ellengangen te doorkruisen en lang te wachten in de oude gangen of oude wachtzalen. Dit gaf aanleiding tot verkoudheden en om dit te vermijden besloot men een

aantal RX-onderzoeken (RX-Thorax) in de ligzalen zelf of aan het bed van de patiënt te verrichten. De doses van het verpleegkundig personeel waren door deze praktijk ver boven de normaal te aanvaarden waarde gekomen.

Ook kon men vaststellen dat in vele instellingen het paramedisch personeel van de radiologische dienst, tijdens de vakantieperiode, hogere doses ontving. De reden hiervoor ligt in het feit dat de meer gespecialiseerde collega's dienen vervangen te worden door iemand die geen ervaring heeft op dat specifiek terrein.

In de instellingen met hoog-risico (nucleaire centrales, atomische centrales) leiden de strenge beschermingsmaatregelen en de betere discipline tot de lage stralingsdoses bij het personeel.

Toch dienen we hier aandachtig te zijn voor een nieuw feit : in deze instellingen worden vaak herstellings- of onderhoudswerken in gecontroleerde zones toevertrouwd aan externe ondernemingen. Het personeel dat hierbij is betrokken is dus tijdelijk personeel, en geen werknemer van de centrale. De blootstellingsgegevens en de doses zullen dus niet meegedeeld worden aan de autoriteiten.

CONCLUSIE :

België is een van de zeldzame landen waar sinds meer dan 15 jaar, gegevens beschikbaar zijn i.v.m. de blootstelling van de arbeiders.

Het radiologisch risico te wijten aan zulke blootstelling wordt binnen de limieten gefixeerd door internationale organismen (I.C.R.P.), gehouden.

Dit goede resultaat kan bekomen worden dankzij een goede samenwerking van werkgevers met werknemers en hun afgevaardigden, van fysische controle met medische controle en ook van al deze instanties met de diverse inspectiediensten van de betrokken ministeries.

TABEL I

Aantal blootgestelde werknemers

Jaar	Gezondheidszorg	Handel en nijverheid	Onderzoek en onderwijs	Producenten	Totaal
1965	1.532	977	1.101	1.881	5.491
1970	3.237	2.070	4.100	1.890	11.297
1971	3.706	2.514	4.337	2.044	12.601
1972	3.955	2.543	4.931	1.969	13.398
1973	4.658	2.485	6.100	2.140	15.381
1974	5.133	2.821	6.269	2.309	16.332
1975	5.697	3.071	6.510	2.292	17.570
1976	6.393	3.383	6.625	2.445	18.846
1977	8.222	3.815	5.913	2.652	20.602
1978	7.885	3.889	6.374	2.824	20.972
1979	8.705	4.182	6.983	2.980	22.850
1980	8.991	4.280	7.008	3.039	23.318

TABEL II

Verdeling, per sektor, van de beroepsdosissen
Inlichtingen gehaald van de bestralingstabellen

	Sektoren	Niet gemeten dosissen	Dosissen gedeeltelijk gemeten	Waarde van de gemeten dosissen (in rem)					Totaal
				Nul	Tot 0,150	Meer dan 0,150 tot 1,5	Meer dan 1,5 tot 5	Overschrijdingen	
1973	Gezondheidszorg	2		856	2.320	1.295	174	9	4.656
	Handel en nijverheid			1.388	658	389	48	2	2.485
	Onderzoek en onderwijs			3.248	1.816	972	57	7	6.100
	Producenten			1.055	549	393	127	16	2.140
	Totaal	<u>2</u>		<u>6.547</u>	<u>5.343</u>	<u>3.049</u>	<u>406</u>	<u>34</u>	<u>15.381</u>
	<hr/>								
1974	Gezondheidszorg			1.132	2.434	1.393	164	10	5.133
	Handel en nijverheid			1.583	807	376	48	7	2.821
	Onderzoek en onderwijs			3.096	2.151	947	62	13	6.269
	Producenten			1.257	390	469	186	7	2.309
	Totaal			<u>7.068</u>	<u>5.782</u>	<u>3.185</u>	<u>460</u>	<u>37</u>	<u>16.532</u>

TABEL II (vervolg)

	Sektoren	Niet gemeten dosis- sen	Dosissen gedeel- telijk gemeten	Waarde van de gemeten dosissen (in rem)					Totaal
				Nul	Tot 0,150	Meer dan 0,150 tot 1,5	Meer dan 1,5 tot 5	Overschrij- dingen	
1975	Gezondheidszorg	1		1.246	2.886	1.422	138	4	5.697
	Handel en nijverheid			1.261	1.318	435	54	3	3.071
	Onderzoek en onderwijs			3.206	2.422	826	47	9	6.510
	Producenten			1.099	603	446	142	2	2.292
	Totaal	<u>1</u>		<u>6.812</u>	<u>7.229</u>	<u>3.129</u>	<u>381</u>	<u>18</u>	<u>17.570</u>

1976	Gezondheidszorg			1.501	2.895	1.860	151	12	6.419
	Handel en nijverheid			1.653	937	539	64		3.193
	Onderzoek en onderwijs			3.555	1.995	1.024	40	2	6.616
	Producenten			1.099	525	607	213	1	2.445
	Totaal			<u>7.808</u>	<u>6.352</u>	<u>4.030</u>	<u>468</u>	<u>15</u>	<u>18.673</u>

TABEL II (vervolg)

	Sektoren	Niet gemeten dosis- sen	Dosissen gedeel- telijk gemeten	Waarde van de gemeten dosissen (in rem)					Totaal
				Nul	Tot 0,150	Meer dan 0,150 tot 1,5	Meer dan 1,5 tot 5	Overschrij- dingen	
1977	Gezondheidszorg			2.114	4.007	1.940	153	8	8.222
	Handel en nijverheid			1.933	1.221	601	55	5	3.815
	Onderzoek en onderwijs			3.570	1.726	588	28	1	5.913
	Producenten			1.232	580	640	197	3	2.652
	Totaal			<u>8.849</u>	<u>7.534</u>	<u>3.769</u>	<u>433</u>	<u>17</u>	<u>20.602</u>
	<hr/>								
1978	Gezondheidszorg			2.569	3.668	1.539	107	2	7.885
	Handel en nijverheid			2.058	1.252	516	59	4	3.889
	Onderzoek en onderwijs			2.705	2.730	899	39	1	6.374
	Producenten			1.162	662	833	167		2.824
	Totaal			<u>8.494</u>	<u>8.312</u>	<u>3.787</u>	<u>372</u>	<u>7</u>	<u>20.972</u>
<hr/>									

TABEL II (vervolg)

	Sektoren	Niet gemeten dosissen	Dosissen gedeeltelijk gemeten	Waarde van de gemeten dosissen (in rem)					Totaal
				Nul	Tot 0,150	Meer dan 0,150 tot 1,5	Meer dan 1,5 tot 5	Overschrijdingen	
1979	Gezondheidszorg			3.039	4.026	1.553	84	3	8.705
	Handel en nijverheid			2.095	1.397	609	76	5	4.182
	Onderzoek en onderwijs			3.240	3.110	593	38	2	6.983
	Producenten			1.169	696	874	241		2.980
	Totaal			<u>9.543</u>	<u>9.229</u>	<u>3.629</u>	<u>439</u>	<u>10</u>	<u>22.850</u>
	1980	Gezondheidszorg			3.517	3.947	1.423	100	4
Handel en nijverheid				2.493	1.218	482	87		4.280
Onderzoek en onderwijs				3.647	2.638	683	38	2	7.008
Producenten				1.355	682	857	144	1	3.039
Totaal				<u>11.012</u>	<u>8.485</u>	<u>3.445</u>	<u>369</u>	<u>7</u>	<u>23.318</u>

BIBLIOGRAFIE :

- (1) - Richtlijn van de Raad van 15 juli 1980 houdende wijziging van de richtlijnen tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werknemers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren.
(Publikatieblad der Europese Gemeenschappen nr. L246 van 17.9.1980).
- (2) - P. HUBLET - Annales de l'Association belge de Radioprotection - vol. 5 nr. 1 blz. 5-24. 1980.
- (3) - Koninklijk besluit van 25 mei 1982 betreffende de heffing van retributies bij toepassing van de reglementering betreffende de ioniserende stralingen. (Belgisch Staatsblad van 25 juni 1982).
- (4) - Koninklijk besluit van 15 oktober 1979 houdende oprichting en organisatie van een Interministeriële Commissie voor de nucleaire veiligheid van de Staat op kerngebied.
(Belgisch Staatsblad van 23 oktober 1979).
- (5) - Koninklijk besluit van 14 augustus 1981 betreffende de organisatie en het administratief statuut van het personeel van de Dienst voor bescherming tegen ioniserende stralingen.
(Belgisch Staatsblad van 25 augustus 1981).
- (6) - Koninklijk besluit van 7 augustus 1981 betreffende de organisatie en het personeelsstatuut van de Dienst voor de technische veiligheid van de kerninstallaties (Belgisch Staatsblad van 19 augustus 1981).

- (7) - Algemeen Reglement voor de arbeidsbescherming -
Bijlage II - 2e - Koninklijk besluit van 10 april
1974. (Belgisch Staatsblad van 8 mei 1974).
- (8) - Wet van 28 december 1977 tot bescherming van de
arbeidsgeneesheren. (Belgisch Staatsblad van
18 januari 1978).

RESUME :

L'auteur décrit les modalités de la surveillance de la santé des travailleurs exposés aux radiations ionisantes en Belgique.

Cette étude est une adaptation aux données les plus récentes actuellement disponible d'un article publié antérieurement et repris dans la bibliographie annexée (réf. 1).

A partir des principes élaborés par la Commission internationale de protection radiologique (C.I.P.R.) et des normes Euratom, la législation belge est exposée et expliquée dans ses grandes lignes. Des commentaires sont faits sur les statistiques recueillies et qui concernent les doses individuelles de radiations reçues par les travailleurs exposés dans diverses catégories d'entreprises. Quelques exemples illustrent les difficultés rencontrées lors de l'application pratique de la réglementation. L'auteur conclut à la maîtrise du risque radiologique grâce à la mise en place de structures techniques et administratives au niveau de l'Etat et des entreprises qui, à l'usage, se sont révélées efficaces.

SUMMARY :

The author describes the supervision modes of the health of the workers who are exposed to ionizing radiations in Belgium.

This study is an adaptation of the most recent data, actually available from an earlier published paper which can be found under ref. 1. of the bibliography.

Starting from the principles developed by the International Commission for Radiological Protection (I.C.R.P.) and the Euratom standards, the Belgian legislation is exposed and briefly explained.

Comments are made on the sampled statistics regarding the individual doses absorbed by the workers exposed to radiations in different classes of firms.

Some examples are showing the difficulties encountered while applying the regulations in practice.

The writer concludes that the radiological risk is brought under control thanks to the setting up of technical and administrative structures, at State and firms level, which, in practice, proved their efficiency.

ZUSAMMENFASSUNG :

Der Autor gibt eine Beschreibung von den Aufsichtweisen der Gesundheit der Arbeiter die in Belgien zu ionisierender Strahlung exponiert werden. Diese Auseinandersetzung ist eine Anpassung zu den allerneuesten Angaben, zurzeit verfügbar aus einem vorher herausgegebenen Artikel, zurück zu finden in der hier beigefügten Bibliographie (ref. 1.).

Ausgehend von den durch die Internationale Kommission für Strahlungsschutz (I.C.R.P.) entwickelten Grundgesetzen und den Euratom Vorschriften, wird die Belgische Gesetzgebung ausgesetzt und etwas erklärt. Kommentar wird gegeben bezüglich der eingesammelten Statistik die sich bezieht auf die durch die Arbeiter zugezogene einzelne Strahlungsdosis in verschiedenen Unternehmungsgruppen.

Einige Beispiele veranschaulichen die angetroffenen Schwierigkeiten während der praktischen Anwendung der gesetzlichen Regelung.

Für den Autor lässt sich daraus schliessen dass man die Strahlungsgefahr beherrscht durch die Einsetzung von technischen und verwaltenden Strukturen auf Stats- und Unternehmungsfläche die sich praktisch wirkungsvoll gezeigt haben.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 8, n° 3 (1983).

Seminar on

TECHNETIUM IN THE ENVIRONMENT.

Dept. Radiobiology, Mol, 14.6.1983

- A summary of field and greenhouse experiments at ORNL on the plant-Soil relationships of Technetium.
C.T.GARTEN, Oak Ridge.
- Technetium absorption mechanisms in plants.
P. ROUCOUX, Louvain-la-Neuve.
- Effects of ^{99}Tc on a free N_2 Fixator, Anabaena sp.
L. PIGNOLET, Louvain-la-Neuve.
- Biochemical speciation of Technetium in leaves of spinach.
G. DESMET, Wageningen.
- Behaviour of Technetium in several Marine algae.
S.BONOTTO, Mol.
- Technetium metabolism in sheep.
R. VAN BRUWAENE, Mol.
- Concluding remarks.
R. KIRCHMANN, Mol.

INLEIDING

Technetium, een radioelement zonder stabiele isotopen, wordt in de natuur geproduceerd door spontane splijting van uranium en door activering, via cosmische stralen, van molybdeen, niobium en zirconium. De voornaamste bron van het technetium in het milieu is echter de splijting van het uranium en het plutonium bij kernexplosies (ongeveer 1000 Ci) en in de reactoren; het wordt geloosd door de fabrieken voor opwerking van bestraalde splijtstof (ongeveer 1000 Ci/jaar te Windscale). De medische toepassing levert slechts een kleine hoeveelheid technetium aan het milieu. De meest belangrijke isotoop is het technetium-99 dat met betrekkelijk hoog rendement (6,2%) wordt geproduceerd op basis van uranium-235 en dat een zeer lange halveringstijd bezit ($2,15 \times 10^5$ jaar).

Men raamt dat de hoeveelheid technetium aanwezig in het milieu 170.000 kg zou bedragen in het jaar 2000. Recente studies hebben aangetoond dat het technetium geconcentreerd kan worden in de biosfeer, voornamelijk in de zee-organismen en in de planten. Ten einde de impact van het technetium op het milieu en op de gezondheid van de mens te bestuderen werd, met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen, een gecoördineerd onderzoeksprogramma opgezet in België (Brussel, Louvain-la-Neuve, Luik en Mol).

INTRODUCTION

Le technétium, un radioélément sans isotopes stables, est produit dans la nature par fission spontanée de l'uranium et par activation, par les rayons cosmiques, du molybdène, du niobium et du zirconium. La source principale de technétium dans l'environnement dérive cependant de la fission de l'uranium et du plutonium dans les explosions nucléaires (environ 1000 Ci) et dans les réacteurs; il est rejeté par les usines de retraitement du combustible irradié (environ 1000 Ci/an à Windscale). L'utilisation médicale délivre seulement une faible quantité de technétium à l'environnement. L'isotope le plus important est le technétium-99, qui est produit, avec un rendement relativement élevé (6,2%), à partir de l'uranium-235 et qui a un temps de demi-vie très long ($2,15 \times 10^5$ ans).

On estime que la quantité de technétium dans l'environnement pourrait atteindre 170.000 kg en l'an 2000. Des études récentes ont montré que le technétium peut être concentré dans la biosphère, surtout dans les organismes marins et dans les plantes. Un programme coordonné de recherches sur le technétium a été organisé en Belgique (Bruxelles, Louvain-la-Neuve, Liège et Mol), avec le support de la Commission des Communautés européennes, afin d'étudier son impact sur l'environnement et la santé de l'homme.

INTRODUCTION

Technetium, a radionuclide without stable isotopes, is produced in nature by spontaneous fission of uranium and by activation due to cosmic rays of molybdene, niobium and zirconium. However, the main source of technetium in the environment arises from the fission of uranium and plutonium in nuclear detonations (about 1000 Ci) and in reactors; it is also released from reprocessing plants (about 1000 Ci/a at Windscale). Medical use only releases a small amount of technetium to the environment. The most important isotope is Technetium-99 which is produced, with a relatively high yield from the fission of Uranium-235 and which has very long half-life (2.15×10^5 years).

One estimate is that the amount of technetium in the environment could reach 170.000 kg in the year 2000. Recent studies have shown that technetium can be accumulated in the biosphere, mainly in marine organisms and in plants. A coordinated research program on thechnetium is in progress in Belgium (Brussels, Louvain-la-Neuve, Liège and Mol) with the support of the Commission of the European Communities, in order to study its impact on the environment and on Man's health.

A SUMMARY OF FIELD AND GREENHOUSE EXPERIMENTS AT ORNL ON THE PLANT-SOIL
RELATIONSHIPS OF TECHNETIUM.

GARTEN C.T.Jr.

Environmental Sciences Division
Oak Ridge National Laboratory
Oak Ridge, Tennessee 37830
U.S.A.

Our work on technetium at Oak Ridge National Laboratory, in Tennessee, began about 1978. There have been numerous people associated with this work, too many to enumerate here, but all have been ecologists or chemists from our laboratory.

The people most recently involved in the research, aside from myself, are E.A.Bondiotti and F.O.Hoffmann. Some findings from our research on technetium relating to food chain transfer, particularly transfers from soil to vegetation, will be summarized from previous publications for this work.

Technetium is one of the long-lived radionuclides that we have studied in Tennessee. The long radioactive half-life of the Tc-99 isotope (2.13×10^5 years), is only one reason why we are interested in this radionuclide. Technetium has a relatively high production rate in nuclear reactors and it will be a major component of radioactive wastes. It is estimated that by the year 2000 the inventory of Tc-99 in the USA alone will be almost 3 million Curies. Technetium has the potential to migrate through the food chain because of the high water solubility and environmental stability of the pertechnetate form.

Our interest in technetium began at about the time John Till, and others from our laboratory, published calculations of Tc transfer through the food chain resulting from releases by gaseous diffusion facilities. Till et al. published their hypothetical assessment in the journal Health Physics to call attention to the need for research on technetium in the environment. When they assumed a 1 Ci/y release of technetium-99 to the atmosphere, they found that food chain transfer resulted in doses to people that approached or exceeded limits of the US Environmental Pro-

tection Agency. However, there was great uncertainty in their assessment because of the selection of the soil to plant transfer factor for technetium-99 in their model calculation. Before our published studies on the behavior of technetium under field conditions in Tennessee, the only available data for use in food chain models to assess Tc in the environment, came from laboratory experiments. These laboratory experiments showed very high soil to plant transfers for Tc-99. Consequently, calculations with our models indicated that plant uptake by way of roots was very important in determining technetium concentrations in vegetation even in the presence of atmospheric deposition.

The first study we did on technetium-99 was to measure concentrations in vegetation and soil near the three operating gaseous diffusion facilities in the USA. The purpose of this study, published in 1980, was to quantify the soil-to-plant transfer of Tc-99 under field conditions. Technetium uptake by vegetation was expressed as a concentration ratio, or simply the ratio of the concentration in dry vegetation to the concentration in dry soil. The median concentration ratio for Tc-99 based on 24 samples was 9.5 . This average value was approximately one to two orders of magnitude less than the concentration ratios measured by other researchers in laboratory experiments. Concentration ratios measured under laboratory or greenhouse conditions are typically 100 to 1000, but the ratios we measured under field conditions were much less.

We were interested for a long time about what factors caused differences between concentration ratios for technetium measured under laboratory and field conditions. Therefore we designed an experiment to compare the uptake of Tc-95m (pertechnetate) from soil by plants under field and greenhouse conditions. The results will be published this year in the journal Health Physics . This experiment was done with a silt loam soil from Oak Ridge, Tennessee. There were four treatments :

- a) undisturbed field soil,
- b) undisturbed soil transplanted to large pots (11 kg),
- c) sieved soil in large pots, and
- d) sieved soil in small pots (2 kg).

Vegetation yield was greater in the field than in the greenhouse (FIG. 1).

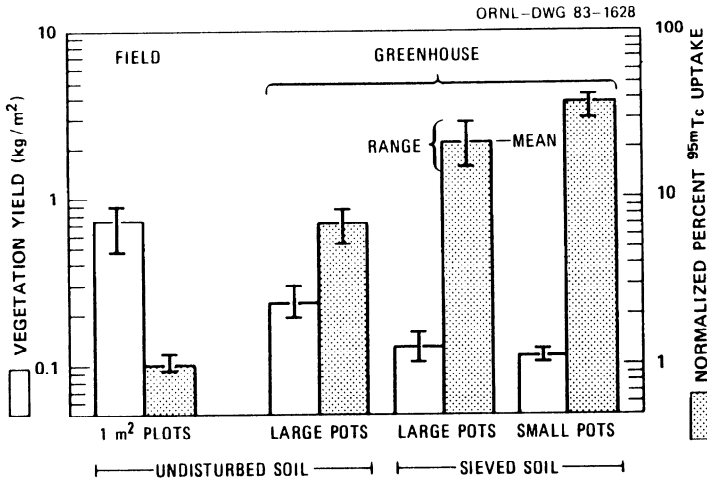


Figure 1. Comparison of technetium uptake by grass (*Fescue* sp.) from contaminated silt loam soil under field and greenhouse conditions.

Because of this difference, the percent uptake of Tc-95m from soil was normalized or adjusted for differences in vegetation yield. After this adjustment, we observed that the normalized percent uptake of technetium from soil was 10 to 30 times greater under greenhouse conditions than under field conditions after six months. Sieving the soil and decreasing the pot size also increased the amount of technetium taken up by plant roots.

We have performed experiments with Tc-95m under field conditions to determine three things :

- a. the change in the amount of plant uptake of technetium with time,
- b. the loss rates of technetium from vegetation surfaces with time, and
- c. the loss rates of technetium from the soil.

In our experimental field at Oak Ridge, the vegetation is mostly grass and it is typical of that found on nearby lands used as pasture.

In some experiments we have applied Tc-95m directly to vegetation and in other experiments we have applied it to bare soil. The Tc-95m was always applied as a pertechnetate form in water to simulate rainfall. Our soil is a silt-loam soil with 6-8% organic matter and a pH of 5.0.

In our first experiment in 1978, we applied $200 \mu\text{Ci}/\text{m}^2$ to 15 field plots (FIG.2).

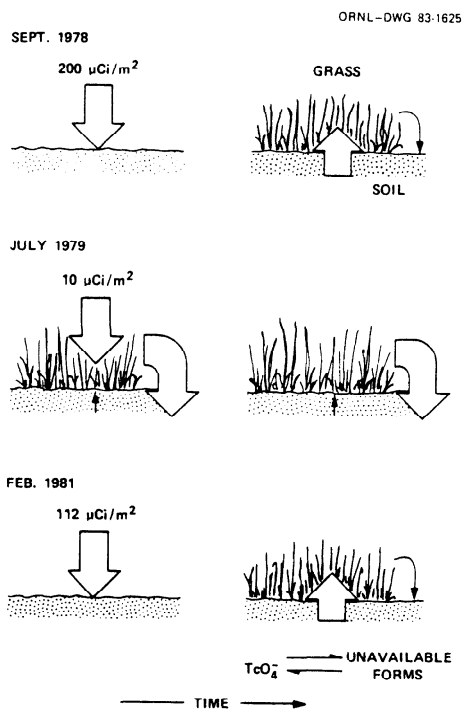


Figure 2. Summary of field experiments using Tc-95m showing application plan and major pathways of uptake by or loss of radionuclide from vegetation.

All the plots were bare ground. The experiment lasted seven months and most of the technetium stayed in the surface 2 cm of soil. The purpose of this experiment was to study the change in the plant uptake of technetium from soil with time. In 1979, we applied Tc-95m directly onto vegetation in four plots to study the loss rate of technetium from surfaces of vegetation. The interception of our simulated rain by vegetation was about 12%. In 1981, we again applied technetium to bare soil in three field plots to study the change in the chemical form of TcO_4^- in soil with time. We wanted to know how the change of TcO_4^- to unavailable forms affected plant uptake from soil.

From our field experiments we have quantified several loss rates important to predicting the behavior of technetium in the food chain (FIG. 3).

ORNL WS-26113

**OVER TIME ^{95}mTc WAS LOST FROM VEGETATION
AND SURFACE SOIL IN FIELD EXPERIMENTS**

MEDIAN HALF-TIME IN DAYS (95% C. I.)

^{95}mTc APPLIED TO	VEGETATION	SOIL (0-15 cm)
BARE SOIL	43 (39-49)	190 (123-420)
VEGETATION-SOIL	16 (14-20)	290 (112-∞)

*

Figure 3. Loss rates important to predicting technetium transport in food chains derived from field experiments.

When technetium was applied to bare soil, we observed a half-time for the loss from vegetation of 43 days (winter conditions). When applied directly to vegetation, the half-time for the loss of technetium from the vegetation was 16 days (which is close to a generic value of 14 days used for many assessments).

The observed half-times in the 0 - 15 cm zone of soil were approximately 6 to 10 months, but these values are very uncertain. It is questionable if they should be used to extrapolate to the long lived Tc-99 isotope. Generally, we find that most of the Tc-95m applied to soil stays in the top few centimeters of soil. Concentrations are usually ten times higher in the surface than in the below surface zone. There is some slight downward movement in soil over several months.

In all of our field experiments, technetium concentrations in vegetation decrease with time. An example is shown in Fig. 4.

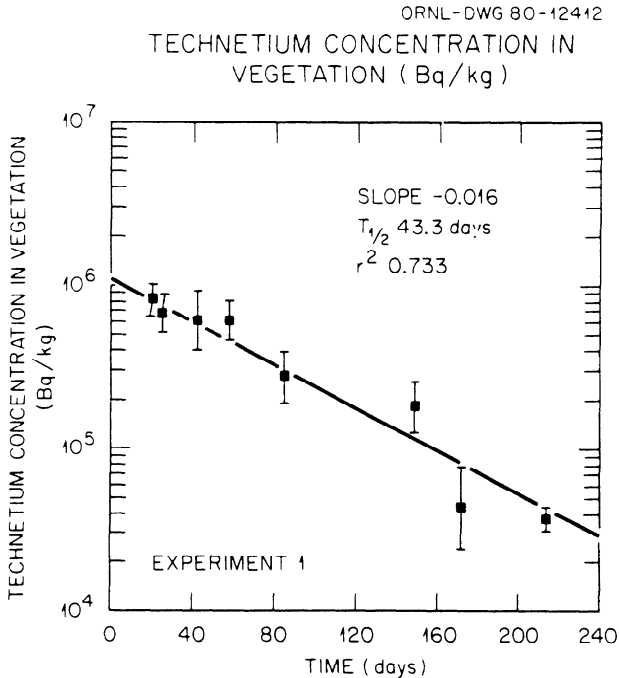


Figure 4. Observed decrease in concentrations of technetium in vegetation with time under field conditions.

These concentrations are adjusted to account for radioactive decay of the Tc-95m isotope. Therefore, the change in concentration is caused by factors other than radioactive decay. The causes for this decrease include dilution of plant concentrations by growth (from our experiments we estimate that this factor contributes about 30% to decrease in vegetation concentrations during the summer), the leaching of technetium from the vegetation by rain, and changes in the form of technetium in soil from soluble TcO_4^- to insoluble and unavailable forms.

In our 1981 experiment, pertechnetate was applied to soil after removing the vegetation. Soon after application to soil, pertechnetate was transformed (or otherwise immobilized) such that extractions of the soil with 0.01 M CaCl_2 recovered only 30% of the technetium present (Fig. 5).

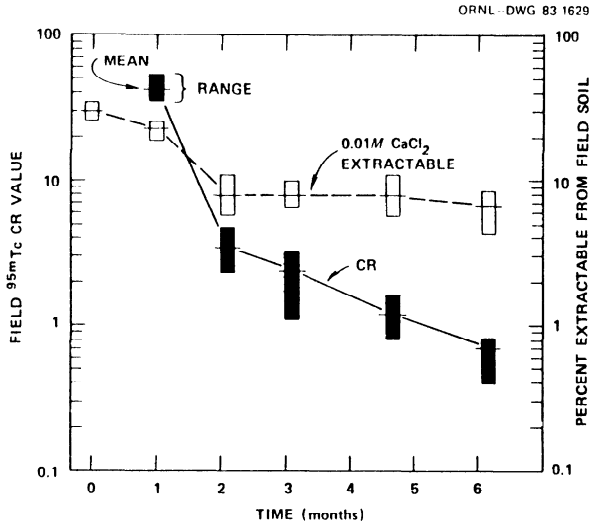


Figure 5. Observed decrease in the extractability of technetium from soil and the plant/soil concentration ratio with time under field conditions.

Extractability of technetium from soil reached a constant level of about 8% after two months. The CR value continued to decline slightly after two months possibly because of dilution of Tc in vegetation by growth.

This experiment showed us that soil processes are important in converting technetium from forms available for plant uptake to forms less available for plant uptake. Furthermore, this transformation occurred rather quickly under our field conditions and for our soil type in Tennessee.

We extracted contaminated field soil with 0.01 M CaCl_2 and an oxidant ($5\% \text{ NaOCl}$) to learn more about the transformation of TcO_4^- in soil. When Tc-95m is applied to clean beach sand and extracted with CaCl_2 the next day, more than 90% of the technetium can be removed from the sand with a single extraction (control sample). Results with field soil are different. When Tc-95m is applied to our field soil and extracted with CaCl_2 the next day, only 40% of the technetium can be removed from the soil with a single extraction (Fig. 6).

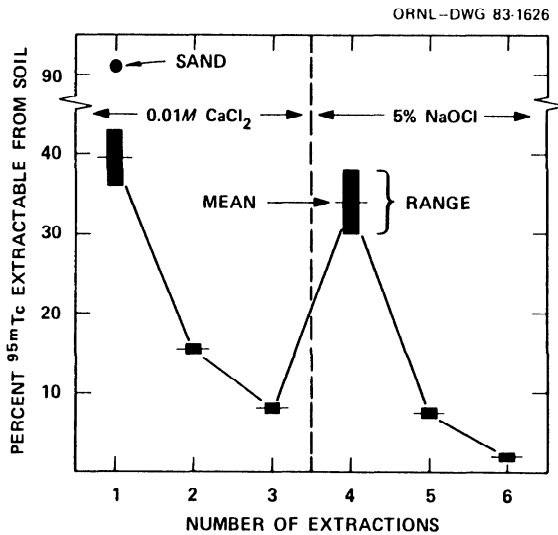


Figure 6. Extractability of technetium from contaminated silt loam soil with successive treatments using 0.01 M CaCl_2 and cold $5\% \text{ NaOCl}$.

The 2nd and 3rd extractions remove less. This fraction extractable with CaCl_2 is the soluble fraction of technetium in the soil, and this fraction decreases with time in our field experiments. After removing most of the soluble fraction, treatment of the soil with cold 5% NaOCl (an oxidant) causes a significant increase in the extractability (Fig.6). This increase indicates that there is an unavailable (insoluble) fraction of technetium in the soil which is made available by oxidation. The release of the insoluble fraction may be due to several things : oxidation of insoluble Tc (+4) to soluble Tc (+7), disruption of sulfhydryl binding of Tc in the soil. We think that the rapid decrease in extractability after application to soil is due to interactions with organic matter and the decrease in extractability over time (weeks) is due to chemical reduction of TcO_4^- to Tc (+4).

Finally, I would like to summarize what we have learned and what we would like to know more about concerning the food chain behavior of technetium. Following release of technetium and its deposition onto vegetation, concentrations in vegetation decrease with time. This is due to a weathering half-time on plants of about 16 days, and soil processes that convert TcO_4^- to insoluble forms that are unavailable for plant uptake. Soil to plant transfer factors measured under field conditions are less than those measured under laboratory conditions. All this has made us reconsider the results of earlier environmental assessments for Tc-99. What we would like to know more about is technetium transfer up the food chain from plants to animals. For example how does the chemical form of technetium in plants affect assimilation from the gastro-intestinal tract. Work at Battelle Pacific Northwest Laboratory in Richland, Washington, shows that when technetium is incorporated into plant tissue, the assimilation from the gastrointestinal tract is lowered. Recent work at Université Catholique de Louvain and elsewhere shows that the chemical form of technetium in plants is variable. In some plants, technetium is largely in soluble forms while in other plants Tc is organically complexed.

Our work on technetium is continuing at Oak Ridge this year to examine the transfer of technetium in a food chain using dairy goats. We have made some predictions of technetium concentrations in goat's milk from a release to pasture vegetation. The predictions will be tested by applying TcO_4^- to pastures and allowing goats to graze freely on the vegetation. Then we will

compare the predicted and observed values. We are interested in the minimum variability that can be expected to occur under normal herd conditions and what implications this variability has for uncertainties in model predictions. This is the first field test of environmental food chain models on this scale in the eastern United States.

References

- (1) Research sponsored by the Office of Health and Environmental Research, U.S. Department of Energy. The Oak Ridge National Laboratory is operated by Union Carbide Corporation under contract W-7405-eng-26 with the U.S. Department of Energy.
- (2) TILL, J.E. et al., Health Physics, 36, 21 (1979).
- (3) HOFFMAN F.O. et al., Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/TM-7386 (1980).
- (4) GARTEN, C.T. Jr. et al., Health Physics, in press (1984).

TECHNETIUM ABSORPTION MECHANISMS IN PLANTS.

ROUCOUX P., LIEHART E.

Unité de Physiologie Végétale.

Université Catholique de Louvain.

Belgique.

The high availability of Tc in the TcO_4^- form to plants and its important accumulation in predominantly the parenchyma cells of leaves fully justifies the physiological study of its absorption mechanisms.

Plant affinity for this synthetic element greatly exceeds affinity for other nonnutrient radionuclides arising from the nuclear fuel cycle. Preceding studies on the uptake, distribution and toxicity of Tc to higher plants seem to indicate that Tc is functioning as a nutrient analog and being accumulated by a mechanism present in the plant for a nutrient.

In our experiments, soybeans were grown in nutrient solution (diluted Hoagland solution) in which ^{99}Tc in the TcO_4^- form was added in a 1.10^{-7} to 1.10^{-5} M concentration range. The accumulation period was 2 h. and plants were about 15 days old at the time of contamination.

The first characteristic of the uptake is that the phenomena is very rapid. For a two hour period of absorption, the transfer factor is about 2 in the roots and 1.2 in the shoots. Parallelism between the curves indicates that the rate of accumulation in leaves is similar to the absorption rate in the root.

It is apparent that Tc is highly xylem mobile. Plant xylem exudate was collected and assayed for Tc content and the chemical form of Tc was characterized by electrophoresis and chromatography. The chemical form of Tc (TcO_4^-) present in the solution was not modified by permeation through the root membrane. Existence of Tc in the anionic form in the vessels explains its high mobility.

The rate of uptake of Tc as a function of concentration is multiphasic over a 1.10^{-7} to 1.10^{-5} M concentration range. For roots 5 phases were observed with discontinuities. For shoots, the curves were very

similar in shape and the last two phases were not different (4 phases). Similarity in the shape of the curves for root and shoot indicates that absorption kinetics at the root level are limiting for accumulation in the shoot and that translocation in the shoot is surely not a brake in absorption rate in the roots.

Kinetics constants were calculated from Lineweaver Burk plots for each phase. When Tc concentration increases, V_{max} and K_m increase and the affinity of TcO_4^- for the binding site decreases.

Multiphasic isotherms are a common characteristic of ion uptake in plants. Such isotherms have been reported for numerous nutrient ions and closely related nonnutrient analogs. Multiphasic uptake behaviour at low concentrations is characteristic of a membrane carrier-mediated process and indicates a degree of specificity for Tc.

As was indicated by Cataldo and Wildung (1978), based on kinetic studies for toxic elements like Ni, Cd, and Tc, the root absorption process is mediated by the use of transport mechanisms in place for the nutrient ions Cu, Zn, and K. We may then suppose that the accumulation of Tc is mediated by a mechanism present in plants for some nutrient present in anionic form.

Ion competition studies were used by Cataldo, Wildung and Garland (1977) to screen a large number of both nutrient and nonnutrient species that may interact with technetium in the root uptake processes. Competing ions in order of decreasing inhibition effect are: SO_4^{2-} , SeO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, Mn^{2+} , MoO_4^{2-} . The first three inhibit significantly the absorption of Tc.

Interaction between Tc and sulfur metabolism seems evident because:

- Tc has a high affinity for sulfur containing amino-acids
- SeO_4^{2-} and Cd which both interfere with sulfur metabolism are inhibitors of Tc accumulation
- intracellular distribution of Cd and Tc are quite similar: both are accumulated in cell walls and for the greatest part in the cytosoluble fraction where they are bound to similar molecular weight compounds (Cd is bound to a protein very rich in sulfur aminoacid: the metallothioneine).

A different approach to the absorption mechanism was realized an important series of metabolic inhibitors. Their use allowed us to characterize the importance of the two components of the protomotrice force which is the base of ion transport through membranes. This is application of Mitchell's theory for root transport. Is it valuable for Tc, an artificial element ?

The theoretical mechanism given by Grignon and Tourraine, in 1981, is based on : primary systems (ATPases) which keep metabolic energy on the plastic membrane as a gradient of electrical potential ($\Delta \psi$) and Δ pH, this energy is then used by secondary systems (permease) to drive (smports, niports, antiports).

Using ionophores like valinomycine, nigericine, and gramicidine we may divide the protomotrice force into its two components : valinomycine inhibits Tc absorption by 17% ($\Delta \psi$ decrease), nigericine by 22% (Δ pH decrease), and both simultaneously by 40%. Use of gramicidine which destroys Δ pH and $\Delta \psi$ inhibits the absorption by 98%. This quantitative difference (98% compared to 40%) may be due to the different mode of action of gramicidine which produces a rapid and facilitated transport of the ions H^+ , K^+ and Na^+ (tunnel phenomena). With conjugated action of valinomycine and nigericine a decrease in the constituents of the protomotrice force is mediated by a specific cation capture mechanism and then a transport through the membrane; this is a slower mechanism than that of gramicidine.

Based on this kind of interpretation and other evidence from the effect of the inhibitors tested, we may conclude that Tc, probably like other solutes, is absorbed in roots by an electrogenic proton pump which is the primary system and probably a symport H^+/TcO_4^- may be postulated. Such an assessment must be verified by other absorption experiments in which we shall use activators of the primary pump, like fusicoccin, or a synthetic ionophore which is capable of acting as a selective carrier of monovalent anions.

EFFECTS OF ^{99}Tc ON A FREE N_2 FIXATOR, ANABAENA SP.

PIGNOLET L.

Laboratoire de Physiologie Végétale
 Université Catholique de Louvain.
 Belgique

The behaviour of two nitrogen fixing organisms in the presence of technetium was compared. Freshwater cyanobacterium Anabaena cylindrica and marine Anabaena sp. (strain designation : Anabaena CA) recently isolated by Stacey et al. were used.

Contamination assays were performed in special culture flasks for the measurement of nitrogenase activity (acetylene reduction technique) at different technetium concentrations. Effects of this radionuclide on growth and nitrogen fixation were studied. All the cultures were started in nitrogen fixing conditions and, after 5 days, technetium was added in pertechnetate form (from 0.32 μM to 100.00 μM Tc). On the seventh day, half of the samples received nitrogen as nitrate.

Behaviour of both strains was very similar. In nitrogen free medium, we observed a strong decrease in the optical density at a concentration of 3.16 μM Tc. At higher concentrations, optical density measurements showed a complete cessation of growth. Alga behaviour in the medium wherein we added nitrate was quite different. Moreover, we found a recovery of the growth as soon as nitrate was added.

In the case of Anabaena cylindrica, the evolution in time of nitrogen fixation values showed inhibitory effects at concentrations higher than 3.16 μM Tc. Other treatments are not much different from the control. When samples received nitrate, nitrogenase activity was almost entirely inhibited whatever the treatment

For marine Anabaena, the same trend in the results was found : inhibitory effects of technetium, even at low concentration, but gradual increase of nitrogen fixation with time, except for high concentrations.

Transfer factors were determined under different material culture conditions in media with or without nitrogen (see table).

$$\text{TRANSFER FACTOR} = \frac{\mu\text{g Tc/g dry weight alga}}{\mu\text{g Tc/ml medium}}$$

1.0 μM Tc	<u>Anabaena cylindrica</u>	<u>Anabaena CA</u>
without nitrate	587 + 282	321 + 58
with nitrate	29 + 11	14 + 3
<u>T.F. (O)</u>	20	23
<u>T.F. (N)</u>		

An important result of this experiment is the decrease of technetium accumulation in the presence of nitrate. The ratios of the transfer factors were found to be similar for the two organisms.

Acknowledgment.

Thanks are due to Dr.C.Van Baalen who kindly provided the marine Anabaena strain used in this work.

References.

- (1) DELMOTTE, A., Comportement écophysiological d'Anabaena cylindrica LEMM (cyanobactérie) en présence de technétium (polluant nucléaire) Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain.
- (2) STACEY, B., VAN BAALEN, C., and TABITA, F.R., Isolation and characterization of the marine Anabaena sp. capable of a rapid growth on molecular nitrogen. Arch.Microbiol., 114, 197 - 201, (1977).

BIOCHEMICAL SPECIATION OF TECHNETIUM IN LEAVES OF SPINACH

G. Desmet and H. Overbeek

Association Euratom-ITAL,
Keyenbergseweg 6,
6704 PJ Wageningen,
The Netherlands.

INTRODUCTION

The use of ^{99m}Tc for tracing tumours in the human body has been rather well documented. Radiopharmacologists found that complexes of Technetium with different organic substances concentrate in specific organs dependent on the chemical form of such complexes (1). The objective of this research is to find out whether the long-lived $^{99}\text{TcO}_4^-$, a fission product of ^{238}U , is reduced in spinach leaves and what type of complexes will arise with the diverse organic constituents of the plant cells. Eventually, this would help to determine whether this binding of Tc to bio-organic complexes could result in a diversified distribution of Technetium comparable with that found for pharmaceuticals in animals and human beings. For this purpose the leaves of ^{99}Tc -labelled spinach plants have been analysed by the aid of gel filtration, which allows biomolecules to separate from each other and gives insight in the possible binding of Tc with these molecules.

MATERIALS AND METHODS

Spinach plants (Spinacea oleracea L. cv. Verbeterd Breedblad) were grown as described elsewhere (2), labelled with 10^{-6} mol/l TcO_4^- . Mature leaves were harvested and homogenized at 4 °C in an extraction medium consisting of sucrose (0.05 M), EDTA (0.001 M), TES (N-tris

[Hydroxymethyl] methyl-2-aminoethanesulfonic acid) (0.05 M) at pH 7.5 (with KOH) and 2-mercaptoethanol (0.001 M). Three ml of the leaf homogenate was brought on a gel filtration column and eluted with the same buffer at 4 °C. The column (Pharmacie K 26/70) contained 65 cm of Fractogel TSK-55 (F). The elution buffer was pumped with a Pharmacia peristaltic pump P 1 at a flow of 15.6 ml/h. The elution of the different peaks was detected with a LKB Uvicord III at the channels 275 and 254 nm. The first channel is particularly suitable for protein detection, where the 254 nm channel is more sensitive for nucleic acid detection. The elutions were collected in 25 min. fractions. The ⁹⁹Tc content of the various fractions was measured by liquid scintillation. The different peaks have been qualitatively examined by UV-VI Spectrophotometry. Further the eluted peaks which had a high 254 nm extinction were subject to agarose gel electrophoresis and fluorescence measurements. The fractions to be investigated were precipitated with a sodium acetate and ethanol solution in order to concentrate the nucleic acids. The electrophoresis buffer was a mixture of 0.05 M Tris.HCl (pH 8.3), 0.05 M boric acid, 0.001 M EDTA and 1 µg/ml ethidium bromide for the fluorogenic detection of the nucleic acids. Besides this qualitative analysis the amounts of nucleic acid in the different fractions were determined in an Aminco SPF 125 spectrofluorimeter, with the excitation wavelength set at 305 nm, and the emission measured at 590 nm, to match the properties of the fluorogenic ethidium bromide nucleic acid detection. Full details of the methods will be published elsewhere.

RESULTS AND DISCUSSION

With the Fractogel filtration seven peaks or shoulders could easily be detected (until fraction 60) with different ratio's of protein and nucleic acid extinction (Figure 1). Spectrophotometric inspection of the first peak revealed a chloroplastic fragment containing little Tc. The second peak showed spectrophotometric properties of mitochondria, also with a small Tc content. The further eluted peaks 3, 4, 5 and 6 contained much larger amounts of Tc. The quantity of Tc revealed by the total eluted organic material amounted to approximately 20 percent

of the total radioactivity applied to the column. The peaks containing considerable quantities of Tc were subject to electrophoresis and fluoroscopy, for they showed a high 254 nm extinction. To obtain sufficient material for detection with gel electrophoresis, the gel filtration was repeatedly done and the equivalent peaks combined. Peaks 3 and 5 showed a clear fluorescence, whereas peaks 4 and 6 did not. In peak 3 two fluorescent spots were visible under UV light, one at the start position and one ahead of the marker dye Xylene Cyanol FF. In peak 5 fluorescence was only visible at the start position. The nucleic acid substances which do not migrate were apparently too large to enter the agarose gel matrix. Although peak 4 and 6 did not show any detectable fluorescence level in the gel electrophoresis, excitation of these fractions in the spectrofluorimeter gave measurable fluorescence. This result, which was rather surprising, together with the clear concomitant elution of Tc with some organic substances of the plant leaves encourages further research to identify the Tc-bio-organic complexes.

SUMMARY.

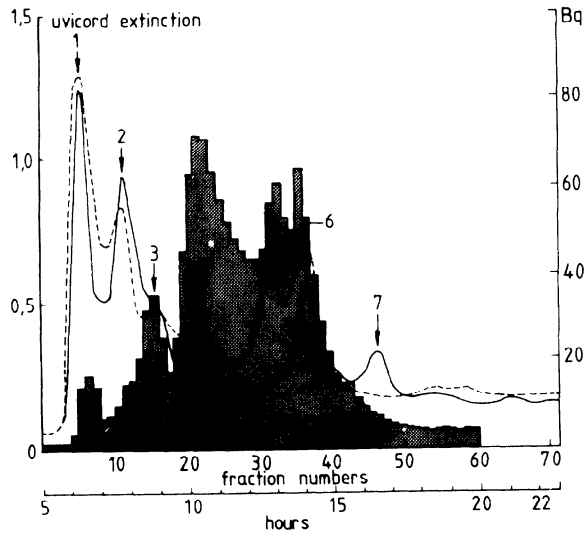
The separation by means of gel filtration revealed the existence of various organic substances in spinach leaves, that can bind technetium. Spectroscopic investigations together with gel electrophoresis tentatively identified them as nucleic acid material combined with proteins. More detailed investigations are needed for confirmation of this hypothesis.

REFERENCES.

- (1) BURNS, H.D., WORLEY, P., WAGNER, H.N. Jr., MARZILLI, L. and RISCH, V. Design of Technetium Radiopharmaceuticals. pp 269-289 in : HEINDEL, N.D., BURNS, H.D., HONDA, T. and BRADY, L.W., eds. The Chemistry of Radiopharmaceuticals. (1977), Masson Publishing USA Inc., New York, Paris, Barcelone, Milan.
- (2) DESMET, G.M. and DIRKSE, W.G. Action of Technetium on the Growth, the Manganese, Zinc and Iron concentration and the Fluorescence Induction in young and old Leaves of Spinach Plants. *Env. and Exp. Botany* (1983), in press.

Figure 1

Elution diagram of the leaf extract on the Fractogel column. The full line represents the extinction at 275 nm, the dashed line shows the elution measured at 254 nm. The Tc elution is covered by the dotted histogram.



BEHAVIOUR OF TECHNETIUM IN SEVERAL MARINE ALGAE

Bonotto S., Gerber G.B., Cogneau M., Kirchmann R.

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

and

Laboratoire de Chimie Organique et Nucléaire, Université Catholique de Louvain, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

Abstract

The green marine algae *Acetabularia acetabulum* and *Ulva lactuca* were found to concentrate ^{95}mTc . On the contrary, the green alga *Boergesenia forbesii* was incapable of accumulating this radionuclide. Distribution of technetium in *Acetabularia* follows an apico-basal gradient.

All the brown algae investigated, *Ascophyllum nodosum*, *Cystoseira compressa*, *Ectocarpus confervoides*, *Fucus serratus* and *Fucus vesiculosus*, accumulate technetium, supplied as ^{95}mTc pertechnetate.

Introduction

In the marine environment, green, red and brown algae as well as phanerogams (*Posidonia*, *Zostera*, etc.), are primary producers of organic matter. Part of their organic material is released into the external medium and can be used by microorganisms, part is transferred to higher trophic levels by various grazing animals. Radionuclides taken up by marine algae from sea water can thus reach man via sea foods. For this reason, marine algae are increasingly utilized for studying pathways of radionuclide transport in the aquatic systems (1,2,3,4).

Recently we have undertaken an experimental work on the uptake and distribution of technetium in several green (*Acetabularia*, *Boergesenia*, *Ulva*) and brown (*Ascophyllum*, *Cystoseira*, *Ectocarpus*, *Fucus*) algae, the principal results of which are summarized here.

Material and Methods

The unicellular green algae *Acetabularia acetabulum* (= *mediterranea*) and *Boergesenia forbesii* were cultivated, under sterile conditions, in the laboratory (5,6). *Ulva lactuca*, *Ascophyllum nodosum*, *Cystoseira compressa*, *Ectocarpus confervoides*, *Fucus serratus* and *Fucus vesiculosus* were collected along the coasts of the Mediterranean or of the North Sea. The plants were kept at 21°C in sea water to which chloramphenicol ($10 \mu\text{g ml}^{-1}$) has been added to inhibit bacterial growth.

Activity of $^{95\text{m}}\text{Tc}$ was measured in a Packard Auto-Gamma scintillation spectrometer (small samples) or in a Ge(Li) detector. ^{99}Tc was measured by liquid scintillation, after HNO_3 digestion of the samples (7).

Summary of Results

Acetabularia cells concentrate technetium, supplied as $^{95\text{m}}\text{Tc}$ or ^{99}Tc pertechnetate (Table 1). The concentration ratio was strongly dependent upon the amount of technetium in the culture medium (8). Moreover, $^{95\text{m}}\text{Tc}$ was distributed, in vegetative cells, according to an apico-basal gradient.

Vegetative *Boergesenia* cells, on the contrary, were unable to concentrate $^{95\text{m}}\text{Tc}$, even after 11 days of incubation (Table 2). By means of the puncturing technique (9), $^{95\text{m}}\text{Tc}$ could be detected in the vacuole, thus indicating that this radionuclide had crossed the cell wall and the cytoplasmic layer.

The pluricellular green alga *Ulva lactuca* accumulated $^{95\text{m}}\text{Tc}$, during a 15 h incubation time, but the concentration ratio was relatively low (Table 2). The five species of brown algae investigated, *Ascophyllum nodosum*, *Cystoseira compressa*, *Ectocarpus confervoides*, *Fucus serratus* and *Fucus vesiculosus*, were all capable of accumulating $^{95\text{m}}\text{Tc}$, the concentration ratio depending on the experimental conditions and probably on the physiology of the plants (Table 2).

It is also of interest to note that young growing regions at the tips of the stalk of *Acetabularia* and of *Ascophyllum* may accumulate more $^{95\text{m}}\text{Tc}$ than the other parts of the plant.

Table 1. Concentration ratios of technetium in the marine green unicellular alga *Acetabularia acetabulum* (= *mediterranea*)

Technetium concentration in the external medium				Incubation time days	Concentration ratio $\frac{\text{act. incorpor./g}}{\text{act./ml medium}}$
^{95m}Tc (a)		^{99}Tc (b)			
nCi/ml	ng/ml	nCi/ml	ng/ml		
1.87	$1.87 \cdot 10^{-4}$			18	322
8	$8 \cdot 10^{-4}$			35	348
6	$6 \cdot 10^{-4}$			7	36 (c)
		0.1	6	2	8.4
		1.3	75	2	2.7
		10.6	615	2	0.5
		0.14	8	4	11.6
		1.3	75	4	3.9
		9.5	551	4	0.55
		0.96	5.6	34	13.2

(a) Specific activity : 10^{-7} g/mCi

(b) Specific activity : $6 \cdot 10^{-2}$ g/mCi

(c) In this experiment the medium has not been renewed and technetium was probably exhausted.

Table 2. Concentration ratios of technetium in the marine green algae *Boergesenia forbesii* and *Ulva lactuca* and in the brown algae *Ascophyllum nodosum*, *Cystoseira compressa*, *Ectocarpus confervoides*, *Fucus serratus* and *Fucus vesiculosus*.

Algae	⁹⁵ Tc concentration in the external medium		Incubation time		Concentration ratio $\frac{\text{act. incorp./g}}{\text{act./ml medium}}$
	nCi/ml	ng/ml	hours	days	
<u>Green Algae</u>					
<i>Boergesenia forbesii</i>	2.6	$2.6 \cdot 10^{-4}$		11	0.71
<i>Ulva lactuca</i>	43	$4.3 \cdot 10^{-3}$	15		11
<u>Brown Algae</u>					
<i>Ascophyllum nodosum</i>	66(a)	$6.6 \cdot 10^{-3}$	24		60
	66(b)	$6.6 \cdot 10^{-3}$	24		19
	43(c)	$4.3 \cdot 10^{-3}$	15		9.6
<i>Cystoseira compressa</i>	40	$4.0 \cdot 10^{-3}$		7	53
	5	$5 \cdot 10^{-4}$		19	85
<i>Ectocarpus confervoides</i>	4	$4 \cdot 10^{-4}$	4		30
	4	$4 \cdot 10^{-4}$	24		49
<i>Fucus serratus</i>	43	$4.3 \cdot 10^{-3}$	15		5.6
<i>Fucus vesiculosus</i>	18	$1.8 \cdot 10^{-3}$		7	15
	43	$4.3 \cdot 10^{-3}$	15		32

(a) Isolated lateral branches

(b) Cut stalk fragments 1 cm long

(c) Whole plants

Discussion

Acetabularia acetabulum and *Ulva lactuca* were capable of accumulating ^{95m}Tc . This result is in contrast with previous work (10), in which the green marine algae *Cladophora rupestris*, *Codium tomentosum* and *Ulva lactuca* were found unable to concentrate this radionuclide. This discrepancy may be attributed to differences in the experimental conditions and/or in the physiology of the algae, which may vary according to the biological cycle and the season.

^{95m}Tc distribution in *Acetabularia* cells follows an apico-basal gradient. The mechanism supporting the gradient remains, however, unknown. Studies on the membrane potential and on ionic regulation in *Acetabularia* have shown that Cl^- and SO_4^{--} are probably actively transported into the cell. Moreover, Na^+ is actively transported out of the cell (11,12). Since anions are actively transported into *Acetabularia*, it is possible that TcO_4^- also is taken up by an active transport mechanism.

Boergesenia forbesii does not accumulate ^{95m}Tc , the concentration ratio remaining below one even after an incubation of 11 days. Thanks to their large size, *Boergesenia* cells have been used, however, to demonstrate the presence of ^{95m}Tc in the vacuole. The chemical form of technetium present in the vacuole shall be investigated. Results obtained with five species of brown algae are in agreement with those of other authors (10,13,14,15). The unique behaviour of brown algae, which show a peculiar capability of binding technetium, is not yet understood and deserves further investigation.

Acknowledgements

The assistance of Mr A.Bossus and Mr G.Nuyts is acknowledged. Mr J. Van Baelen (supported by the Belgian Ministry of Labour, BTK Project n° 17.003) has participated in part of the experimental work. The alga *Cystoseira* was supplied by Prof. F.Cinelli (University of Pisa) and the alga *Ectocarpus confervoides* was identified by Dr D. van der Ben (I.R.S.N.B., Brussels). This work was supported by contract CEC n° BIO-B-485-82-B (Publication n° 2050).

References

- (1) HODGE, V.F., HOFFMAN, F.L. and FOLSOM, T.R., Rapid accumulation of plutonium and polonium on giant brown algae. *Health Physics*, 27, 29-35 (1974).
- (2) HOLM, E. and PERSSON, B., Behaviour of natural (Th, U) and artificial (Pu, Am) actinides in coastal waters. In : Third NEA Seminar on Marine Radioecology, Tokyo, 1-5 October 1979. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, pp.237-243 (1980).
- (3) BONOTTO, S., CARRARO, G., STRACK, S., LÜTTKE, A., COLARD, J., KOCH, G. and KIRCHMANN, R., Ten years of investigation on radioactive contamination of the marine environment. Incorporation, by marine algae and animals, of hydrogen-3 and other radionuclides present in effluents of nuclear or industrial origin. In : Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp. 649-660 (1981).
- (4) FISHER, N.S., BURNS, K.A., CHERRY, R.D. and HEYRAUD, M., Accumulation and cellular distribution of ^{241}Am , ^{210}Po , and ^{210}Pb in two marine algae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11, 233-237 (1983).
- (5) LATEUR, L. and BONOTTO, S., Culture of *Acetabularia mediterranea* in the laboratory. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique*, 106, 17-38 (1973).
- (6) ENOMOTO, S. and HIROSE, H., Culture studies on artificially induced aplanospores and their development in the marine alga *Boergesenia forbesii* (Harvey) Feldmann (Chlorophyceae, Syphonocladales). *Phycologia*, 11, 119-122 (1972).
- (7) VANDECASTEELE, C.M., DELMOTTE, A., ROUCOUX, P. and VAN HOVE, C., Technetium et organismes diazotrophes : Toxicité, localisation, facteurs de transfert. In : Environmental Migration of Long-Lived Radionuclides, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp.275-286 (1982).
- (8) BONOTTO, S., GERBER, G.B., GARTEN, C.T., VANDECASTEELE, C.M., VAN BAELEN, J., COGNEAU, M. and van der BEN, D., Uptake and distribution of technetium in several marine algae. International Symposium on the Behaviour of Long-lived Radionuclides in the Marine Environment, 28-30 September 1983, Forte di St.-Teresa, La Spezia, Italy, in press.
- (9) BONOTTO, S., BOSSUS, A., NUYTS, G., KIRCHMANN, R., MATHOT, P., COLARD, J. and CINELLI, F., Experimental uptake of ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{125}Sb and ^{65}Zn in four marine algae. In : Wastes in the Ocean, Vol.3, Radioactive Wastes and the Ocean, Park, P.K., Kester, D.R., Duedall, I.W. and Ketchum, B.H., Eds., Wiley-Interscience, In press.
- (10) MASSON, H., APROSI, G., LANIECE, A., GUEGUENIAT, P. and BELOT, Y., Approches expérimentales de l'étude des transferts du technétium à des sédiments et à des espèces marines benthiques, In : Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp.349-359 (1981).
- (11) GRADMANN, D., Einfluss von Licht, Temperatur und Aussenmedium auf das elektrische Verhalten von *Acetabularia orenulata*. *Planta*, 93, 323-353 (1970).
- (12) SADDLER, H.D.W., The ionic relations of *Acetabularia mediterranea*. *J. Exp. Bot.*, 21, 345-359 (1970).
- (13) PENTREATH, R.J., The biological availability to marine organisms of transuranium and other long-lived nuclides. In : Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp.241-272 (1981).

- (14) JEANMAIRE,L., MASSON,M.,PATTI,F.,GERMAIN,P. and CAPPELLINI,L., Technetium-99 content in some marine organisms collected near La Hague, France. Mar. Poll. Bull., 12, 24-32 (1981).
- (15) MASSON,M.,PATTI,F.,CAPPELLINI,L.,GERMAIN,P. and JEANMAIRE,L., Etude de la dispersion du technétium-99 sur les côtés françaises de la Manche à l'aide de deux indicateurs biologiques : *Fucus* sp. et *Patella* sp. J. Radioanal. Chem., 77, 247-253 (1983).

TECHNETIUM METABOLISM IN SHEEP.

Van Bruwaene R., Gerber G.B., Kirchmann R., Vankerkom J., Colard J.

Department of Radiobiology, SCK/CEN, B-2400 Mol, Belgium

and

Cogneau M.

Laboratoire de Chimie organique et Nucléaire

Université Catholique de Louvain, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

Technetium-99 is a long-lived radionuclide produced with a high yield in nuclear fission. Its pathways to man and its possible radiological and chemical toxicity could be important to consider in risk assessments (4). Since data on Tc metabolism in particular long-term retention, and the influence of diet on absorption (binding of Tc in food, influence of rumen microflora) are scanty, an experiment was designed to obtain more data about the uptake retention and organ distribution of this radioelement in a ruminant animal following an intravenous injection and after an oral administration with and without previous uptake by plants. The results discussed in the present paper concern : a) an intravenous injection of technetium (as $^{95m}\text{Tc O}_4^-$ in 5 sheep sacrificed 1, 3, 7, 30 and 100 days after the administration and b) an injection in the rumen of pertechnetate in one sheep sacrificed 28 days after the injection.

The fecal and urinary excretions were followed for 100 and 28 days after intravenous and oral dosis respectively. At sacrifice the distribution of ^{95m}Tc in major organs was determined.

The results of the intravenous injected dose demonstrate that fecal excretion is the major pathway for the elimination of technetium. It is characterized by a curve with 3 components to have half-lives of 0.49 , 6.0 and 55.4. days, respectively.

The urinary excretion represents about 25% of the fecal excretion and is characterized by a curve with 4 components to having half-lives of 0.14, 0.87 , 4.5 and 38.1 days, respectively.

The distribution in organs shows that the highest respectively concentration is in the thyroid, the technetium concentrations in lung tissue was also high. In all organs a short-lived component is found and only 10-20% of technetium found in tissues have a long turnover.

The whole body retention is characterized by a short-lived (0.64 day) component. Nevertheless, about 2.5 % of total technetium is retained with a half-life of 25 days.

In conclusion, the metabolism of the pertechnetate injected intravenously in sheep is similar to the metabolism of the pertechnetate after an intravenous or an oral dose in man as found by Beasley (1). In man, excretion parameters and total body retention are the same after the two ways of dosing.

Table 1 : Total fecal and urinary excretion of $^{95m}\text{Tc O}_4^-$ in sheep for 100 days after an intravenous injection and for 28 days after an injection in the rumen (in % of dose administered).

	i.v. injection	injection in rumen
Feces	67.2	88.6
Urine	17.2	0.22

Table 2 : Concentration of ^{95m}Tc in various organs and tissues of sheep 29 days after an intravenous injection and an injection in the rumen of $^{95m}\text{Tc O}_4^-$ (in % of the administered dose/kg tissue).

Organs/Tissues	Intravenous injection	Injection in the rumen
Thyroid	3.45	$4.2 \cdot 10^{-3}$
Liver	$8.0 \cdot 10^{-3}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$
Kidney	$9.0 \cdot 10^{-2}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$
Lungs	$6.0 \cdot 10^{-2}$	$7.0 \cdot 10^{-3}$
Blood	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-5}$
Gastrointestinal tract	$3.0 \cdot 10^{-3}$	$2.3 \cdot 10^{-3}$

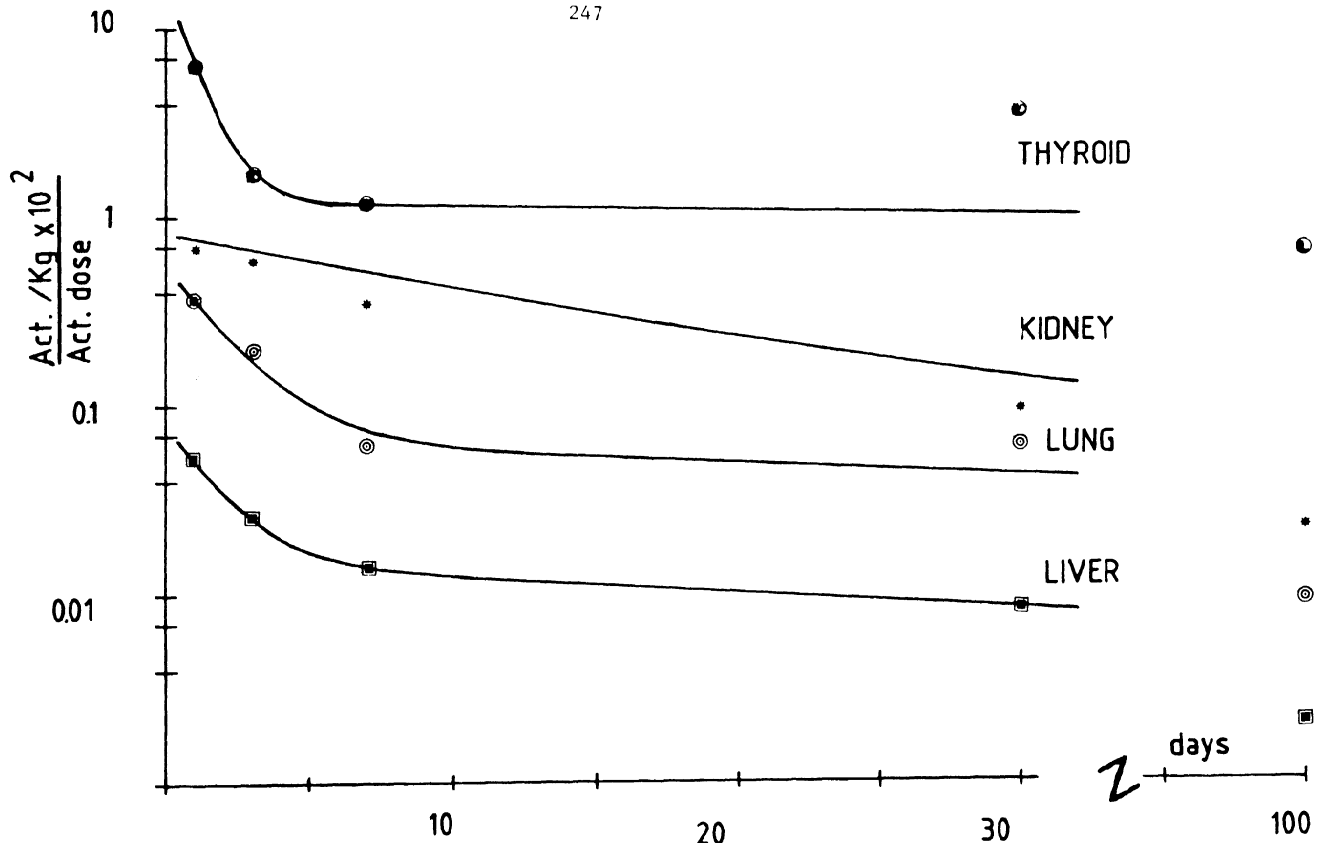
Tables 1 and 2 show the preliminary results concerning the metabolism of orally administered technetium in sheep. It can be seen that the microflora of the rumen have an important influence on the absorption of technetium (as already mentioned by Bernt (2)). The total urinary excretion of oral dosed technetium is almost 100 times lower than after an intravenous administration. The concentration observed in various organs 29 days after the oral administration is generally 10 times lower than after intravenously dosing except in gastrointestinal tract and thyroid. More data on the metabolism of oral dose pertechnetate will be obtained in a near future.

REFERENCES

- (1) BEASLEY, T.M., PALMER, H.E. and NELP, W.B., Health Physics, vol.12 (1966) 1425-1435.
- (2) BERNT-EV JONES, Department of Clinical Chemistry, College of Veterinary Medicine, Swedish University of Agricultural Sciences, S-750 07, Uppsala, Sweden; personal communication.
- (3) SULLIVAN, M.F., GARLAND, T.R., CATALDO, D.A., SCHRECKHISE, R.G., IAEA-SM-237/58 (1979) 447-457.
- (4) VAN BRUWAENE, R., KIRCHMANN, R. and GERBER, G.B., Annales de l'Association Belge de Radioprotection 1, 5 (1980) 25-34.

ACKNOWLEDGMENTS

The technical assistance of Dr Verschoren and Mr P.Bens is acknowledged.
This work was supported by contract CEC n° B10-B-467-81-B (publication n° 2051).



Technetium (Tc^{95m}) metabolism in organs of sheep after an intravenous injection

PARAMETERS FOR $\sum_{i=1}^n A_i e^{-\frac{t}{T_i}}$ ($A_i = \frac{\text{Act./Kg}}{\text{Act. Dose}}$) $T_i =$ turn over time in days

ORGANS	$A_1 \times 10^{-2}$	T_1	$A_2 \times 10^{-2}$	T_2
LIVER	6.89 ± 0.09	1.63 ± 0.04	1.50 ± 0.03	49 ± 15
KIDNEY	61.4 ± 12.4	6.96 ± 2.53	14.0 ± 12.2	52 ± 45
LUNG	50.0 ± 4.5	2.0 ± 0.9	6.55 ± 4.6	65 ± 65
THYROID	1700	0.9	120	150
TOTAL BODY	$A_1^* \times 10^{-2}$	T_1	$A_2^* \times 10^{-2}$	T_2
	850 ± 20	0.93 ± 0.02	21.0 ± 1.4	36 ± 4.1

o HALF LIVES = $T_i \times 0.693$

* $A_i = \frac{\text{TOTAL BODY Act.}}{\text{Act. Dose}}$

CONCLUDING REMARKS

Kirchmann R.

CEN/SCK, B-2400 Mol, Belgium)

Tc99 is one of the radionuclides which have been identified to be important in nuclear power programmes in the coming decades, according to the Research Priorities of the CEC Radiation Protection programme (80-84). In the synthesis of Results gained during the 1976-1980 period, it was recognized that for long-lived radionuclides (TRU, ^{99}Tc , ^{129}I) "it is urgent to acquire more data on their migration into the environment and their transfer through the food chains". The chemical toxicity of some of these nuclides (^{99}Tc , ^{129}I) must also be considered.

The main environmental transfer processes of long-lived radionuclides requiring further investigation are :

- 1) Resuspension (from sea surface, silt, soils) ;
- 2) Transfer of radionuclides deposited on the surface of agricultural land to soil, water, plants and animals. In particular the way in which the systemic contamination of animals might be influenced by the incorporation of radionuclides in biological materials and by chronic exposure conditions, needs special attention ;
- 3) Transfer to sediment and possible remobilization of radionuclides released to the aquatic environment ; furthermore more information is needed on the uptake of some radionuclides (in particular ^{99}Tc) by aquatic species ;
- 4) Since the behaviour of most radionuclides is strongly dependent upon their physico-chemical form, the physico-chemical speciation in relation to the biological availability of these radionuclides should also be taken into consideration ;
- 5) Migration and retention in soil and rocks ;
- 6) The regional distribution and behaviour (for instance exchange between the aquatic and terrestrial environments) require also further investigation.

All the information gained in such studies will provide data which are the prerequisite for the assessment of the intake of individuals of the radionuclides released into the environment.

The scientific papers presented this afternoon reflected the priorities just mentioned.

The last but not least point to be underlined is the need for exchange of assistance caused by the ever increasing specialisation in various disciplines which makes it difficult to undertake studies of a broad scope within one institution or organization.

Financial limitations are equally a problem stressing the necessity to set up working groups with scientists of various disciplines having advanced specialisation.

The European Community, through the Radiation Protection Programme, plays a key role in this matter and the meeting of today is a concrete illustration of the result of this efficient policy.

I thank the Speakers for their contribution and all of you for your participation and hope to see you in Mol in a near future.