

Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming

VOL. 9 N° 1

1984

Driemaandelijkse
periodiek

Periodique
trimestriel

Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES

Rédacteur en chef

S.C.K./C.E.N.

2400 Mol

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART

Secrétaire de rédaction

14, rue Juliette Wyttsmannstraat,
1050 Bruxelles - Brussel.

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 17 juni 1983 ter gelegenheid van een studiedag van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, gehouden in het I.R.E. te Fleurus.

SOMMAIRE

Ce numéro contient des textes des exposés faits le 17 juin 1983, lors de la journée d'étude organisée par l'Association Belge de Radioprotection, à l'I.R.E. à Fleurus.

- J.P. LACROIX :	
L'irradiation des denrées alimentaires	5 - 24
- Ch. J. FALLAIS, Ph. BIEVELEZ :	
Les radiopharmaceutiques de cyclotron	25 - 36
- A. VERBRUGGEN, M. DE ROO :	
- Bijzondere aspecten van stralingsbescherming bij het gebruik van hoogactieve kortlevende tracerproducten in de nucleaire geneeskunde	37 - 46
- Conseils aux auteurs	47 - 48
- Richtlijnen voor auteurs	49 - 50
- Instructions to authors	51 - 52
- Hinweise für Autoren	53 - 54
- Liste des membres - Ledenlijst	55 - 64

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 9, n° 1 (1984).

L'IRRADIATION DES DENREES ALIMENTAIRES.

J.P. LACROIX

Responsable de la promotion des produits
industriels de l'I.R.E. - Fleurus.

RESUME.

L'irradiation des aliments est-elle la technique qui permet de solutionner les problèmes bactériologiques rencontrés par l'industrie alimentaire ? Quelle est l'action des radiations ionisantes sur les micro-organismes et sur les nutriments ? Autant de questions auxquelles J.P. LACROIX tente de répondre.

L'objet de cette communication sera de vous présenter la technique d'irradiation en tant que service à l'industrie alimentaire ; ce sera également de vous exposer les avantages et les perspectives d'avenir de la technique.

Face aux besoins alimentaires sans cesse croissants de notre société, l'industrie alimentaire a dû faire appel à une série de matières premières provenant de pays dans lesquels elle ne contrôle ni la production, ni la récolte, ni surtout l'hygiène apportée à la récolte.

Ces matières premières sont cependant généralement souillées par une gamme de micro-organismes très divers, qui contamineront - si l'on n'y prend garde - toute la chaîne de production, y compris le produit fini. De plus, cette charge microbienne peut présenter des risques épidémiologiques et, de toute façon, limite dans chaque cas la conservation des produits finis.

Aussi l'industrie alimentaire a-t-elle eu recours aux techniques de décontamination. Elle dispose actuellement de techniques dites chimiques faisant appel aux additifs et stabilisants chimiques, ou à certains gaz tels que l'oxyde d'éthylène dont la non-toxicité est de plus en plus mise en doute, et dont l'efficacité n'est pas évidente.

A côté de ces moyens chimiques de décontamination, l'industrie utilise également les procédés physiques dispensant à l'aliment l'énergie nécessaire à la désorganisation des structures fonctionnelles des micro-organismes. Cette énergie peut être apportée sous forme de chaleur dans le cas de traitement thermique de stérilisation par exemple, ou sous forme radioactive en utilisant les caractéristiques d'un rayonnement donné. C'est le cas du traitement aux ultra-violets, aux infra-rouges, ou encore aux radiations ionisantes.

La radiation ionisante γ est une onde électromagnétique exactement comme l'est la lumière. Elle est caractérisée par une fréquence très grande, donc une longueur d'ondes très petite. Elle est porteuse d'une énergie très importante

Tableau 1

E		λ
10^{-10} eV	France Inter (Grandes Ondes)	10 km
10^{-8} eV		100 m
10^{-6} eV	↑ IR	1 m
10^{-4} eV		1 cm
10^{-2} eV	Visible	0.1 mm
1 eV		$1 \mu = 10^{-6}$ m
10^2 eV	↓ UV	10^{-8} m
10^4 eV		$1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ m
10^6 eV = 1 MeV	^{137}Cs ^{60}Co	10^{-12} m
100 MeV	↑ Rayons γ	10^{-14} m
10^{10} eV		10^{-16} m
	↓ Rayons cosmiques	

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$10^{-2} - 1/100 \cdot 10^{-10} - 1/10 \text{ 000 000 000}$$

UV = rayonnement ultraviolet

IR = rayonnement infrarouge

Commentaires

Dans ce tableau, nous avons groupé toutes les ondes électromagnétiques connues, depuis les ondes radio jusqu'au rayonnement cosmique.

Le rayonnement que nous utilisons est un rayonnement γ provenant du CO^{60} . L'énergie est de l'ordre du mégaélectron-volt et la longueur d'ondes est de $10^{-12}m$. Cette très faible longueur d'ondes explique le pouvoir de pénétration exceptionnel du rayonnement γ . Le produit peut être traité dans son emballage final sans pour cela atténuer l'intensité de la radiation.

L'énergie des rayonnements γ est insuffisante pour induire une radioactivité aux matériaux qui y sont exposés.

Au début de cette communication, je vous ai proposé une analogie : chaleur - rayonnement. Cette comparaison reste valable jusqu'à la fin de mon exposé.

Tableau 2

$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} = 1 \text{ J/kg} = 0,239 \text{ cal/kg}$
--

Commentaires

L'absorption de l'énergie radiative par la matière se mesure en gray. L'absorption peut également être exprimée en rads; 100 rads équivalent à un joule par kg ou, traduit en calories, à 0,239 calories par kg.

L'énergie absorbée par la matière est ce que nous appelons la dose d'irradiation. Celle-ci aura une action sur les acides nucléiques des micro-organismes donc sur leur patrimoine génétique, et réduira leur prolifération. Mais cette dose d'irradiation pourra également modifier la matière - tout comme la chaleur altère les protéines ou les vitamines, vous constaterez que, dans certains cas, l'irradiation peut également présenter ces désavantages.

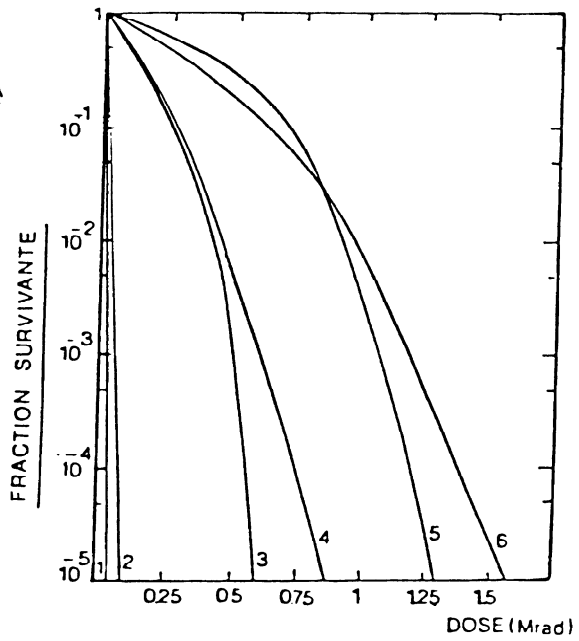
Quelle est l'action des rayonnements γ sur les micro-organismes ?

Tout comme à la chaleur, les micro-organismes présentent une plus ou moins grande sensibilité au rayonnement. Certains micro-organismes sont radiorésistants, d'autres radiosensibles. Cette radiosensibilité est spécifique du micro-organisme et ce propos me permet de vous définir une notion bien connue des microbiologistes : la D^{10} .

La D^{10} est la dose de radiations ionisantes absorbée par le micro-organisme et responsable d'une réduction d'une unité logarithmique de la population initiale.

Tableau 3 : RADIOSENSIBILITE DE DIFFERENTES BACTERIES
(suspension en tampon en présence d'air)

1. Pseudomonas sp
2. S typhimurium
3. Strep faecium
4. B pumilus
5. Cl botulinum type A
6. M radiodurans



Commentaires

Ce graphique compare la radiosensibilité de 6 bactéries. En fonction de la dose absorbée, la décontamination - c.à.d. la destruction des micro-organismes - sera différente suivant que l'on a affaire à un pseudomonas, une salmonelle, un streptocoque fécal ou un clostridium.

Tableau 4

<u>FACTEURS INFLUENCANT LA RADIORESISTANCE DES</u> <u>MICRO-ORGANISMES</u>
1. L'ATMOSPHÈRE ET L'ENVIRONNEMENT GAZEUX
2. L'ACTIVITÉ EN L'EAU DE L'ALIMENT
3. LA COMPOSITION ET LE PH DES ALIMENTS
4. LA TEMPÉRATURE
5. LE FRACTIONNEMENT DE LA DOSE D'IRRADIATION

Commentaire

Comme l'indique ce tableau, la D^{10} va dépendre des conditions du milieu. Les facteurs qui peuvent l'influencer sont au nombre de 5. En premier lieu, l'atmosphère et l'environnement gazeux. Le micro-organisme, en présence d'oxygène, verra sa radiosensibilité augmenter. Il faut savoir que l'oxygène, sous l'action des radiations, va partiellement se transformer en ozone qui a un pouvoir antiseptique très puissant. Donc, en présence d'oxygène, la décontamination se fera beaucoup plus aisément.

Un même aliment, emballé sous vide ou sous atmosphère normale, aura une radiosensibilité différente. L'activité en eau de l'aliment est le second facteur déterminant : tout comme l'oxygène, l'eau va se transformer en radicaux libres et en ions moléculaires sous l'action du rayonnement. Outre l'action de la radiation sur l'acide nucléique du micro-organisme, ces radicaux libres et ces ions moléculaires provenant de la radiolyse de l'eau auront un effet perturbateur sur les micro-organismes. Plus l'activité en eau d'un aliment est importante, plus la radiosensibilité est importante. Mais également - et j'y reviendrai par la suite - plus les altérations au niveau chimique et organoleptique seront importantes.

Il y a également la composition et le pH des aliments; ces facteurs influencent la formation des radicaux libres et la cinétique de recombinaison de ceux-ci.

Enfin, la température, pour les mêmes raisons, et le fractionnement de la dose d'irradiation seront également des paramètres déterminants.

Si cette notion de D^{10} permet de calculer la dose de radiation nécessaire pour stériliser un aliment, il faut toutefois trouver un compromis entre les effets positifs de stérilisation et les effets négatifs d'altération au niveau de la matière. Donc, dans chaque cas, pour chaque type de denrées et en fonction de la composition chimique, nous devons établir ce bilan.

Quelle est l'action des rayonnements γ sur les nutriments ? Je vous signalais que, tout comme la chaleur, le rayonnement γ induit des radicaux libres et des ions moléculaires. Le comportement de ces espèces chimiques éminemment réactionnelles va dépendre de la rigidité du milieu, responsable de leur mobilité. La mobilité des radicaux libres, dans le cas d'un liquide par exemple, sera beaucoup plus aisée. Par conséquent, les transformations au niveau de la matière seront plus nombreuses.

Par contre, si ce liquide est congelé, la rigidité étant plus importante, la mobilité des radicaux libres sera plus faible et les altérations au niveau de la matière moins importantes. Dans le cas d'une poudre, la radiation induira sur son passage des radicaux libres mais, ne disposant d'aucune mobilité, ils se recombinaient dès leur formation; c'est ce que les techniciens de la radiolyse appellent : "l'effet cage".

Que deviennent les nutriments soumis à la radiation?

Trois types de modifications peuvent être observés sur les lipides en fonction de la dose d'énergie absorbée et de la concentration en oxygène. Les altérations d'ordre physique affecteront le point de fusion et la viscosité. Par exemple, les lipides à courte chaîne verront leur viscosité augmenter par polymérisation. Par contre, la viscosité des lipides à longue chaîne soumis à l'irradiation diminuera par dépolymérisation.

Les modifications d'ordre chimique sont dues soit à un processus d'auto-oxydation, qui affecte surtout les acides gras polyinsaturés avec formation d'hydroperoxyde pouvant conduire à la formation d'aldéhydes et de cétones, soit à des changements non-oxydatifs de radiolyse qui sont observables à des doses d'énergie absorbées fort importantes, supérieures à 7 Mrads. La plupart des traitements requiert une dose d'énergie absorbée de l'ordre du Mrad. En règle générale, l'irradiation engendre moins de nouveaux composés que ne le fait la chaleur. Les protéines sont relativement stables. L'interaction va principalement se faire au niveau des liaisons non covalentes, les liaisons peptidiques étant elles-mêmes beaucoup plus résistantes. Les modifications que l'on observera seront minimes et porteront, pour l'essentiel, sur les propriétés physiques de la protéine, c.à.d. la solubilité, la viscosité, la constante de sédimentation (rupture des ponts hydrogènes).

Enfin, les vitamines. Il s'agit certainement du nutriment le plus sensible aux radiations. Pour des traitements comparables au niveau stérilité, la sensibilité des vitamines à la chaleur est plus ou moins identique à celle résultant d'un traitement par irradiation. Cette radiosensibilité est surtout vraie pour les vitamines A, E, K, B₆, B₁₂ et Thiamine.

Tableau 5.

Vitamin losses of non-fortified diets by 5 Mrad Gamma irradiation.

Vitamin	Sow feed		Creep feed		Hog feed		Mean loss % ^o
	C ^m	I ⁿ	C	I	C	I	
A	5500	4400	4000	3000	6000	4800	22
B ₁	5.5	4.0	4.9	4.0	4.8	4.3	18
B ₆	3.3	2.7	3.1	2.4	3.7	2.9	21
B ₁₂	27	20	22	22	20	21	7
E	42	19	40	16.5	42	14	60
Ca-pantothenate	17.5	15	14.5	14.3	15.6	17	2
Folic acid	0.76	0.72	0.72	0.56	0.81	0.61	17

VAN KOOIJ

^m Control (untreated)

ⁿ Irradiated (5 Mrad)

^o Average of the three types of feed

Commentaires

Ce tableau consigne les pertes en vitamines A, B₁, B₆, B₁₂ et E, résultant d'une irradiation à 5 Mrads. Ces pertes sont fonction de la dose de l'activité en eau de l'aliment et de sa pureté. Cette radiosensibilité diminue grâce au conditionnement *sou vide*. Elle diminue également si l'on ajoute aux produits alimentaires des anti-oxydants.

Passons en revue les problèmes posés par les glucides. Dans le cas de ces constituants, l'avantage penche incontestablement en faveur de l'irradiation plutôt qu'en faveur du traitement thermique. Suivant le glucide irradié et l'importance de son poids moléculaire, nous constaterons une dépolymérisation, généralement responsable d'une réduction de la viscosité du glucide. L'effet cage, mentionné plus avant, est souvent observé.

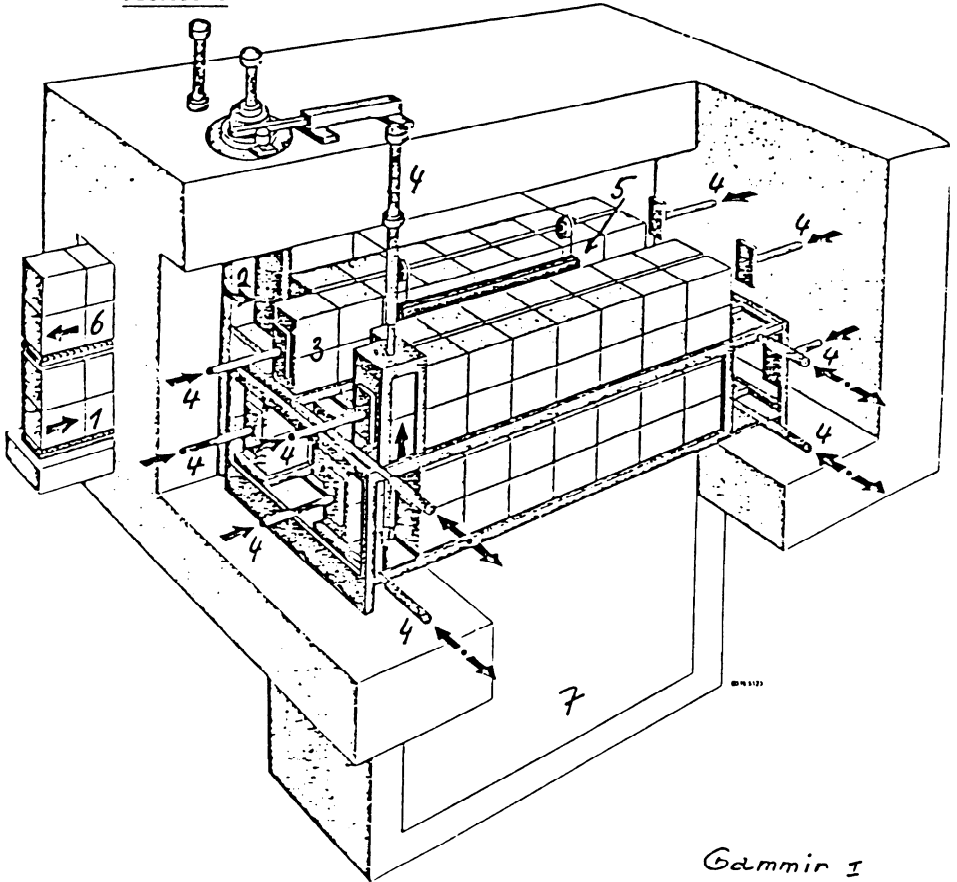
En conclusion générale de l'analyse de l'action des rayonnements γ sur les nutriments, l'irradiation engendre une moindre altération des principes nutritifs que les traitements classiques, notamment la chaleur. On constate aussi l'absence de réactions de Maillard, bien connues dans l'industrie alimentaire.

L'outil permettant la mise en oeuvre de la technique est appelé simplement "IRRADIATEUR".

Son principe est relativement simple : il s'agit d'une cellule blindée, au centre de laquelle se trouvent des sources radioactives. Un système de convoyeurs "amont- intérieur de la cellule - aval" permet à la marchandise d'effectuer un circuit à une vitesse déterminée autour des sources, et d'absorber la dose d'énergie fixée.

C'est donc la vitesse de passage qui règlera la dose absorbée.

Tableau 6



Gammir I

Commentaires

Voici, schématiquement, l'une de nos installations. Les colis, conditionnés en unités de traitement, pénètrent au niveau 1 de l'irradiateur grâce à une porte rotative (2). La source est représentée en (5). Les colis vont cheminer à l'intérieur de la cellule à l'étage 1. Ils seront ensuite pris en charge par un ascenseur (4) pour gagner l'étage supérieur où le même circuit sera effectué en sens inverse. La piscine (7) permet le stockage de nos sources radioactives quand nous devons pénétrer dans l'irradiateur.

Tableau 7

INSTALLATIONS D'IRRADIATION DE L' I. R. E.

	GAMMIR I	GAMMIR II
Mode de fonctionnement	BATCH (15 m ³) et continu	BATCH (6 m ³)
Type de convoyeurs	Convoyeurs à rouleaux	Convoyeurs à balancelles
Activité MAX.	1,5.10 ⁶ Ci	0,5.10 ⁶ Ci
Activité JUIN 1982	0,385.10 ⁶ Ci	0,265.10 ⁶ Ci
Dose MIN. possible	0,3 Mrad	0,05 Mrad
Capacité journalière de traitement	275 m ³ .Mrad/jour	
Type de sources	Porte-sources fractionné	Porte-sources à géométrie débordante

Ce tableau groupe les caractéristiques des installations dont dispose l'Institut des Radioéléments. Elles sont au nombre de deux. GAMMIR I fonctionne en batch ou en continu; GAMMIR II est un irradiateur batch. Le type de convoyeur assurant le transfert des produits vers l'irradiateur est un convoyeur à rouleaux dans le cas de GAMMIR I; GAMMIR II possèdera incessamment un convoyeur à balancelles.

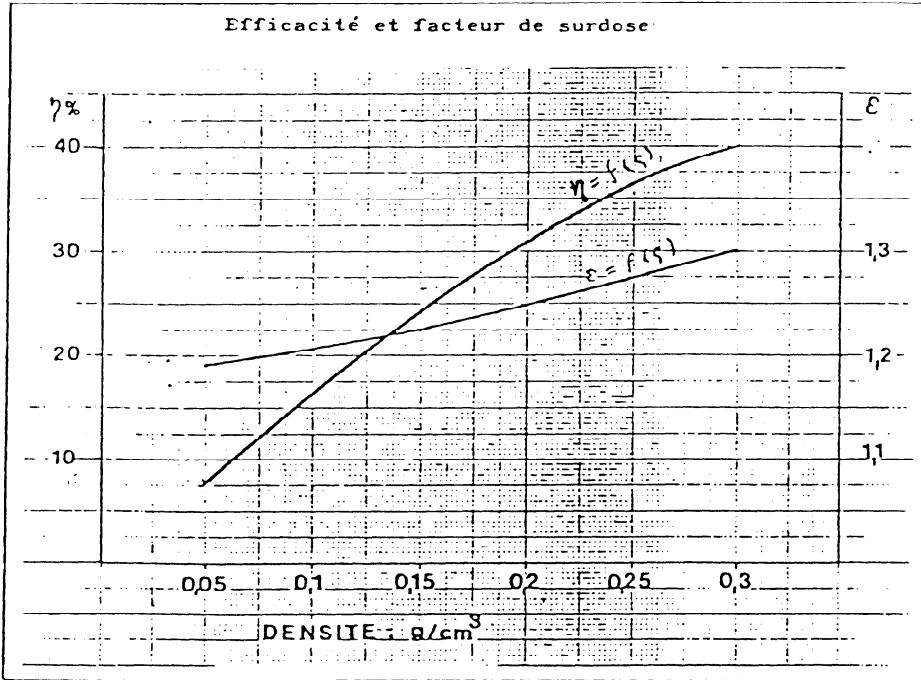
L'activité maximum qui peut être supportée par nos installations est d'un million et demi de curies dans le cas de GAMMIR I, et de 500.000 curies dans le cas de GAMMIR II.

Nos activités, en juin 1982, sont respectivement de 385.000 et 265.000 curies. Ces activités sont suffisantes pour absorber le volume actuel de matières que nous irradiions.

La dose minimum possible est de 300 Krads, soit 0,3 Mrads pour GAMMIR I, et de 50 Krads pour GAMMIR II. La capacité journalière est de $275 \text{ m}^3/\text{Mrads}$ par jour pour GAMMIR I en activité maximum.

Avant d'aborder l'application pratique de l'irradiation, quelques mots au sujet de l'absorption de l'énergie. Cette absorption est une fonction exponentielle inverse dépendant de l'épaisseur traversée et de la densité. Tout comme une boîte de conserve, soumise à un traitement thermique, verra ses surfaces surchauffées par rapport au centre géométrique de la boîte, la surface des cclis présentés à l'irradiation supporteront une dose supérieure à celle absorbée au centre géométrique. Ceci nous permet de définir un facteur de surdose, c.à.d. le rapport entre la dose maximum et la dose minimum d'un produit soumis à l'irradiation.

Tableau 8

Commentaires

Ce tableau nous montre le rendement d'absorption en fonction de la densité du produit, le facteur de surdose augmente avec celle-ci.

Je voudrais terminer cette communication en vous présentant les applications pratiques de l'irradiation et ses perspectives d'avenir.

Tableau 9

UTILISATION DU RAYONNEMENT IONISANT

<u>OBJECTIFS</u>	<u>DOSE (krad)</u>
. <u>Inhiber</u> la germination	10 - 20
. <u>Détruire</u> les insectes et les parasites	20 - 200
. <u>Prolonger</u> la durée de conservation	200 - 500
. <u>Décontaminer</u> : inactiver les germes pathogènes	500 - 1000
. <u>Inactiver</u> les virus	1000 - 4000
. <u>Stériliser</u> les aliments	2000 - 4500

Commentaires

D'une manière générale, on peut dire que l'irradiation permet d'effectuer 6 types de traitements différents suivant la dose d'énergie absorbée.

Par une dose d'énergie absorbée allant de 10 à 20 Krads, on inhibe la germination des pommes de terre et des alliacées (ail, échalottes, oignons). On détruit les insectes et les parasites à une dose légèrement supérieure, variant entre 20 et 200 Krads. On prolonge la durée de conservation d'un produit par une absorption de 200 à 500 Krads. On détruit les germes pathogènes pour limiter les risques épidémiologiques entre 500 Krads et 1 Mrad. On inactive les virus entre 1000 et 4000 Krads. On stérilise un aliment entre 2000 et 4500 Krads.

Je voudrais dire, avant de conclure, que le rayonnement γ n'est pas une panacée. Que, dans chaque cas il faut faire un bilan des effets positifs de stérilisation et négatifs au niveau des altérations chimiques pouvant engendrer des altérations organoleptiques.

Cette évaluation est réalisée depuis 4 ans par MEDIRIS en collaboration avec l'industrie.

Le développement que nous pouvons attendre de l'irradiation est différent suivant que l'on s'adresse à un pays industrialisé ou à un pays en voie d'industrialisation.

Un pays industrialisé recherchera surtout dans l'irradiation une technique lui permettant d'augmenter les qualités hygiéniques de ses produits et d'en augmenter la conservation.

Par contre, les pays en voie de développement rechercheront surtout, dans l'irradiation, la possibilité d'améliorer les qualités de stockage.

Tableau 10

DOMAINES D'APPLICATION DE L'IRRADIATION
DANS LE SECTEUR ALIMENTAIRE

Type de denrées	Développement au Stade industriel	But du traitement
Produits laitiers	Perspectives de développement réduites	-
Conserves et semi-conserves (aliments pour animaux, produits carnés, plats cuisinés,...)	- en complément de la chaleur et du froid - le développement sera fonction du coût de la calorie	↗ qualités hygiéniques et de conservation → destruction des germes pathogènes et de contamination
Produits déshydratés (farines, condiments, épices, fruits et légumes secs....)	- le traitement ionisant apparaît comme le meilleur procédé - en application dans quelques pays	↗ conservation des produits finis
Produits FRAIS (viande, poisson, crustacés, légumes, fruits,...)	- en complément des techniques de réfrigération et de congélation - en application dans quelques pays	↗ qualités hygiéniques de conservation et de stockage - destruction microflore pathogène ex. poulet, crustacés cuisse de grenouille OVOproduits (2 à 4 KGy) - destruction microflore contaminante ex. fraise (3 kGy) poulet (7 kGy) poisson (2.2 kGy) - destruction insectes ex. papaye (1 kGy) - destruction parasites ex. viande de porc (0.7 kGy) - inhibition germination des tubercules (0.1 kGy)
Stérilisation des viandes et produits à base de viande	- en cours de développement	Stockage t° ambiante pour une durée indéterminée (irradiation 40-70 kGy à -40° C)

Commentaires

Ce tableau présente les différents domaines d'application de l'irradiation.

Pour les produits laitiers tout d'abord, les perspectives de développement sont très réduites pour les raisons que j'ai évoquées tout à l'heure, c.à.d. l'action sur les acides gras polyinsaturés, la formation d'hydroperoxyde pouvant conduire à la formation d'aldéhydes et de cétones. Donc, les produits laitiers ne sont pas un créneau de développement de l'irradiation.

Il y a ensuite les conserves et semi-conserves c.à.d. les aliments pour animaux, les produits carnés, les plats cuisinés. La technique se développera de toute façon en complément de la chaleur et du froid. Il s'agit donc, dans ce cas, d'une technique complémentaire aux techniques existantes. Ce que l'on recherche par le traitement, est d'augmenter les qualités hygiéniques et de conservation des produits par une destruction des germes pathogènes et des germes de contamination, germes acidifiants pour la plupart. Le développement de ce type de traitement sera surtout fonction du coût de la calorie et de la frigidité.

Les produits déshydratés, c.à.d. tout ce qui est produit à très basse activité d'eau (farines, condiments, épices, fruits et légumes secs). Dans ce cas, le traitement ionisant apparaît comme le meilleur procédé. Les techniques classiques de décontamination à la chaleur ne conviennent pas dans la plupart des cas et, de toute façon, ne sont pas très efficaces.

Les techniques à l'oxyde d'éthylène, encore employées bien qu'interdites dans certains pays, ne sont pas très efficaces étant donné la très grande surface de contact de ces produits. Le traitement ionisant est déjà en application dans de nombreux pays. Ce type de traitement permet d'offrir à l'industrie alimentaire un produit stérile ou fortement décontaminé, qui ne viendra pas contaminer le produit fini et qui augmentera sa durée de conservation.

Les produits frais - viandes, poissons, crustacés, légumes et fruits. Ici encore, la technique est une technique complémentaire des techniques existantes, c.à.d. la réfrigération et la congélation. Cette technique est déjà en application dans quelques pays. Ce que l'on recherche par ce traitement est l'augmentation des qualités hygiéniques, de conservation et de stockage. J'ai repris dans ce tableau quelques exemples, comme la destruction de la microflore pathogène dans le cas du poulet, des crustacés, des cuisses de grenouilles et des ovoproduits. La dose appliquée est de 2 à 4 kGy, soit 200 à 400 Krads.

Enfin, la destruction de la flore contaminante. Ce traitement est surtout appliqué aux fruits et aux viandes. C'est un traitement très léger qui permet de décontaminer le produit en surface. C'est ainsi qu'il s'applique particulièrement bien à la fraise, au poulet et aux poissons, qui voient leur durée de conservation augmenter. Il y a également la destruction des insectes, sur laquelle je ne vais pas m'étendre puisqu'il s'agit surtout de techniques qui seront utilisées ou qui sont déjà utilisées dans des pays producteurs de farine, de fruits, etc...

La destruction des parasites, notamment le traitement de la viande de porc, et l'inhibition de la germination des tubercules, sont deux autres applications. La stérilisation des produits de viande et de produits à base de viande termine cette énumération. Ce dernier type de traitement est en cours de développement. Il fait appel à une technologie assez sophistiquée. Il s'agit d'irradier le produit à très basse température pour ne pas en affecter les qualités organoleptiques.

Il s'agit d'un traitement nécessitant une énergie absorbée importante, de l'ordre de 4 à 7 Mrads.

A de telles doses, sans prendre en compte les conditions particulières d'irradiation à très basse température, on altère à coup sûr les caractéristiques organoleptiques du produit. Cette technique est en développement, surtout aux Etats-Unis.

Elle permet par exemple de stocker une viande à température ambiante pour une durée indéterminée.

ABSTRACT.

Is food irradiation the technique which will solve the bacteriological problems encountered in the food industry ?

Which is the effect of ionising radiations on micro-organisms and nutrients ?
J.P. Lacroix tries to present an answer to these questions.

SAMENVATTING.

Kan de techniek van voedselbestraling de bacteriologische problemen oplossen die men in de voedselindustrie tegenkomt ?

Welk is de uitwerking van ioniserende stralen op micro-organismen en nutriënten ?

J.P. Lacroix tracht op deze vragen een antwoord voor te stellen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Kann die Bestrahlung von Lebensmitteln die in der Nahrungsmittelindustrie auftretenden bakteriologischen Probleme lösen ?

Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlen auf die Mikroorganismen und die Nährstoffe ? J.P. Lacroix versucht auf diese Fragen zu antworten.

LES RADIOPHARMACEUTIQUES DE CYCLOTRON.

Ch. J. FALLAIS, Ph. BIEVELEZ,
 Institut national des Radioéléments,
 Fleurus.

RESUME.

Comparés à la plupart des radioéléments produits en réacteur, les radioisotopes de cyclotron présentent un certain nombre d'avantages : demi-vie courte, absence d'émission β , augmentation du taux de comptage pour une même dose locale absorbée. La large gamme des isotopes fabricables, alliée au développement des méthodes de synthèse et de marquage permettent de couvrir les éléments physiologiques de très courte période, carbone-11, oxygène-15, azote-13 utilisés en pharmacologie, le thallium-201 pour la scintigraphie cardiaque, les halogènes tels que le fluor-18 ou l'iode-123, marqueurs de choix des molécules organiques et biologiques, l'indium-111 comme agent chélaté et en hématologie et le krypton-81m en ventilation pulmonaire.

De par son choix d'une machine à haute énergie, l'I.R.E. s'assure la possibilité de développer et produire la plus grande variété de radiopharmaceutiques et de suivre les développements futurs de la tomographie par positrons.

HISTORIQUE

La première utilisation d'un radionuclide de cyclotron s'est effectuée en recherche médicale. En effet, le premier cyclotron construit par E.O. Lawrence permet de produire le phosphore 32 qui fût utilisé en 1936 dans le traitement de la leucémie.

Pendant de nombreuses années, la médecine nucléaire n'a pu être exercée qu'à l'aide des radioisotopes disponibles, c'est-à-dire ceux produits par capture neutronique dans les réacteurs nucléaires.

Ces radioisotopes de réacteur ont généralement un excédent de neutrons et ils se désintègrent normalement par émission β . Au contraire, la désintégration des radionuclides ayant un déficit en neutrons s'opère habituellement par émission d'un positron β^+ ou par capture électronique. Leur production demande l'activation de cibles par des particules chargées. Le cyclotron est l'instrument de choix pour accélérer ces dernières.

En 1953, l'hôpital d'Hammersmith construisit le premier cyclotron médical. Depuis lors, la production et l'utilisation de radiopharmaceutiques de cyclotron s'est développée largement.

Les principaux avantages des radiopharmaceutiques de cyclotron ont été décrit par W.S. MYERS (1). On peut les résumer comme suit :

- diminution de dose de radiation délivrée au patient provoquée par :
 - a) une demi-vie du radioélément courte
 - b) réduction de la dose résultant des radiations inutiles à l'examen tels que $\bar{\beta}$ ou électrons de conversion (Auger), ou encore les deux, ainsi que des photons de basse énergie émis lors de la capture électronique ou la conversion interne ;
- possibilité d'administrer des doses répétées à des intervalles fréquents ;
- augmentation du signal du rayonnement gamma utile vis-à-vis de l'énergie absorbée localement inutilement ;
- disponibilité dans un laboratoire de routine de médecine nucléaire tant au point de vue des activités nécessaires que du prix.

Actuellement, non seulement des cyclotrons médicaux permettent la production de radiopharmaceutiques pour les besoins locaux de leur structure hospitalière, mais des producteurs commerciaux ont construit de tels instruments pour obtenir des productions à large échelle (tableau I).

LES RADIOPHARMACEUTIQUES

La capacité d'un cyclotron pour produire des radionuclides est pratiquement illimitée. Ce chapitre se contente de décrire un nombre limité de ceux qui sont utilisés comme radiopharmaceutiques.

1. Les éléments physiologiques

Le carbone, l'oxygène, l'azote constituent plus de 80 % du poids sec du corps humain. Utilisés au départ comme gaz radioactifs ou comme radiopharmaceutiques obtenus à partir de synthèses très rapides, le carbone-11, l'oxygène-15 et l'azote-13 permettent l'emploi médical dans les hôpitaux qui associent étroitement la localisation du cyclotron et de l'unité d'hospitalisation des patients (tableau II).

TABLEAU I : CYCLOTRONS POUR PRODUCTION DE RADIONUCLEIDES.1. NON COMMERCIAUX1.1. Europe

Allemagne	Jülich, Hannover, Heidelberg, Karlsruhe, Essen
Belgique	Louvain, Liège, Gent
Finlande	Turku
France	Orsay, Orléans, Grenoble
Grande-Bretagne	Londres, Harwell, Edimbourg, Birmingham
Hollande	Eindhoven, Groningen, Amsterdam
Italie	Milan
Suisse	Villigen

1.2. Hors Europe

Canada	Vancouver, Winnipeg
Inde	Calcutta
Japon	Chiba, Saitama, Sendai, Tokyo, Osaka
U.S.A.	Bloomington, Boston, Brookhaven, Brookhaven (BLIP), Chicago, Cleveland, Davis, Los Alamos, Los Angeles, Miami, Michigan, New-york, Oak Ridge, St. Louis, Washington
Arabie Saoudite	Ryadh
Afrique du Sud	Pretoria

2. COMMERCIAUX2.1. Europe

Belgique	Fleurus
Grande-Bretagne	Amersham, Harwell
Hollande	Petten
Suisse	Villingen
France	Saclay

2.2. Hors Europe

Japon	Takarazuka Hyogo
U.S.A.	Arlington Heights (Ill), Emeryville (Ca), South Plainfield (Nj), North Billerica (Mass), St. Louis (Mi)

TABLEAU II

Isotope	T 1/2	Rayonnement	Réaction de production *
Carbone-11	20.4 min	β^+	$^{11}\text{B}(p,n)$ $^{14}\text{N}(p,\alpha)$
Oxygène-15	2.05 min	β^+	$^{14}\text{N}(d,n)$
Azote-13	9.96 min	β^+	$^{12}\text{C}(d,n)$

* réactions le plus fréquemment utilisées.

Par leurs caractéristiques nucléaires (demi-vie et émission β^+), ces radioéléments sont essentiellement réservés à des programmes de recherche et leur intérêt principal les destine aux études pharmacologiques de médicaments après marquage. Un exemple de cet emploi peut être démontré par l'étude récente de la liaison avec des récepteurs adrénérgiques et muscariniques dans le coeur pour le practolol C-11 et le benzylate de quinuclidinyle (MQNB) C-11. (2)

2. Les halogènes

2.1. Le fluor

Utilisé sous forme de fluorure dans la scintigraphie osseuse, le fluor-18 (semi-vie : 1,83 h ; émetteur β^+) est particulièrement employé dans la synthèse de composés organiques.

Les rayons semblables des noyaux de fluor et d'hydrogène font que la substitution du second par le premier dans une partie de la molécule qui n'est pas directement impliquée dans une interaction avec son récepteur ne modifiera pas significativement son activité biologique et son métabolisme. Pendant la 30ème réunion de la Société de Médecine Nucléaire USA à Saint-Louis, une session complète a été consacrée à l'étude du métabolisme cérébral et du glucose en utilisant le F-18-fluorodeoxyglucose (FDG) (3) et la tomographie par émission de positrons.

2.2. Iode

Parmi les 24 radioéléments de l'iode, le plus intéressant est l'iode-123. Il émet un rayonnement gamma de 159 keV avec une décroissance par capture électronique de 13,3 heures de demi-vie. Ses caractéristiques nucléaires et sa potentiabilité à marquer des molécules organiques par des méthodes simples remplissent toutes les conditions d'un radioélément idéal émetteur gamma pour des études diagnostiques in vivo. La chimie de l'iode est bien connue et les radiochimistes et radiopharmaciens ont une longue expérience des procédures de marquage avec les iodes plus habituels I-131 et I-125. La préparation de molécules marquées est seulement limitée par la disponibilité de l'iode-123.

Les méthodes de production de l'iode-123 sont décrites dans le tableau III. L'antimoine et le tellure doivent être enrichis lorsque ces éléments sont utilisés comme cibles. Pour obtenir l'iode-123 le plus pur, la voie indirecte est préférée. (4).

Commercialement, deux méthodes seulement sont utilisées pour obtenir des activités importantes : la (p,2n) sur le Tl-124 avec des protons d'énergie de 30 MeV et la (p,5n) sur l'I-127 naturel dans des cyclotrons capables d'accélérer des protons jusqu'à 65 MeV.

La seconde méthode doit être préférée à la première car elle permet d'obtenir un iode-123 de pureté radionuclidique plus grande permettant une durée plus importante entre la fin du bombardement et l'utilisation, pendant laquelle la production, la distribution et l'expédition peuvent avoir lieu.

En 1983, 3 producteurs différents utilisent cette réaction (p,5n) en Europe alors qu'aux USA, aucune firme commerciale n'est capable de produire l'iode-123 de cette qualité sauf en distribuant les activités obtenues dans des cyclotrons universitaires ou de recherches.

Les avantages principaux de l'iode-123 sont de réduire la dose de radiation du patient mais également de donner de meilleures images en scintigraphie car les rayonnements gamma très énergétiques de l'iode-124 peuvent affecter la délimitation des zones actives déjà lorsque 3 à 4 % sont présents.

TABLEAU III : PRODUCTION D'IODE-123.

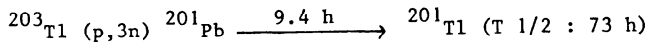
Réaction	Particule	Energie MeV	Impuretés Radioactives
<u>Méthodes directes</u>			
$^{121}\text{Sb}(\alpha, 2n)$	α	25	^{124}I , ^{125}I , ^{126}I
$^{123}\text{Sb}(\alpha, 4n)$	α	41	^{124}I , ^{125}I , ^{126}I
$^{123}\text{Sb}({}^3\text{H}, 3n)$	${}^3\text{He}$	30	^{124}I (5 %)★
$^{123}\text{Te}({}^3\text{He}, p, 2n)$	${}^2\text{He}, p$	20	^{120}I , ^{124}I , ^{125}I , ^{126}I , ^{130}I
$^{123}\text{Te}(p, n)$	p	15	^{120}I , ^{124}I , ^{125}I , ^{126}I , ^{130}I
$^{124}\text{Te}(p, 2n)$	p	21	^{124}I (0.7 %)★, ^{126}I
$^{125}\text{Te}(p, 3n)$	p	28	^{124}I , ^{126}I
<u>Méthodes indirectes</u>			
$^{120}\text{Te}(\alpha, n) {}^{123}\text{Xe}$	α	16	^{125}I
$^{122}\text{Te}(\alpha, 3n) {}^{123}\text{Xe}$	α	35	^{125}I
$^{123}\text{Te}({}^3\text{He}, 3n) {}^{123}\text{Xe}$	${}^3\text{He}$	21	^{125}I
$^{127}\text{I}(p, 5n) {}^{123}\text{Xe}$	p	65	^{125}I (0.1 %)★

★ Pourcentage des impuretés à fin de bombardement.

L'indication médicale première pour l'iode-123 est le diagnostique thyroïdien en réalisant un bénéfice appréciable quant à la dose de radiation délivrée par l'iode-131. Mais par marquage de nombreuses substances organiques, de nombreuses applications cliniques sont rendues possibles et à présent, plusieurs radiopharmaceutiques sont proposés pour des utilisations diagnostiques au niveau du rein, du foie, du coeur et du système nerveux central.

3. Thallium

L'utilisation du thallium-201 pour l'imagerie cardiaque constitue à ce jour la procédure clinique la plus répandue utilisant des radiopharmaceutiques de cyclotrons. De plus en plus de producteurs ont construit des cyclotrons afin de produire d'importantes activités de ce radioélément selon la réaction suivante :



L'énergie des protons incidents peut être de l'ordre de 30 MeV et est donc accessible à des cyclotrons conventionnels qui sont capables de donner des activités très grandes lorsqu'ils utilisent des cibles internes. Après bombardement la cible de thallium doit être chimiquement traitée afin de séparer le Pb-201 et après décroissance de celui-ci, le thallium-201 est obtenu après un deuxième traitement chimique.

Les études de perfusion au thallium en conjonction avec des tests d'efforts donnent des informations cliniques qui peuvent réduire considérablement le nombre d'estimations fausses ou ambiguës dans l'évaluation des syndrômes de douleurs thoraciques. (5)

4. Indium

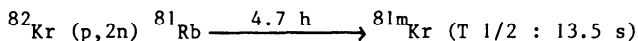
Ce radioisotope de 2,8 jours demi-vie émet des rayonnements gamma de 171 et 247 keV. Il est généralement produit par la réaction $^{112}\text{Cd}(p,2n)$ avec des protons de 22 à 28 MeV.

Ses caractéristiques nucléaires sont intéressantes, mais la chimie de l'indium a tout d'abord limité son emploi sous forme de chélate tels que le DTPA et pour marquer les lymphocytes, les leucocytes et les plaquettes dans des études hématologiques.

Actuellement par le développement des anticorps monoclonaux, l'indium-111 peut être considéré comme un traceur de choix en utilisant les méthodes nouvelles de conjugaison pour leur marquage.

5. Krypton

Le krypton-81m est obtenu par la réaction suivante :



Sa place dans cette revue est justifiée par le fait que la disponibilité d'un radionuclide de 13,3 secondes de demi-vie n'a été rendue possible qu'en résolvant de nombreux problèmes technologiques.
(6) (7)

Le Kr-81m est particulièrement utilisé dans les études de ventilation pulmonaire. Toutefois en solution injectable, il peut être perfusé en continu afin de permettre des études cardiaques et de circulation sanguine.

6. Autres radionuclides

Le tableau IV donne une liste non limitative des radionuclides ayant un intérêt comme radiopharmaceutiques. Certains d'entre-eux peuvent être obtenus en réacteur mais l'avantage de la production en cyclotron est de donner un radionuclide sans entraîneur isotopique.

TABLEAU IV.

Radionucléide	Demi-vie	Ravonnement γ principal (keV)
^{28}Mg	21.2 h	31, 400, 950, 1350
^{43}K	22.4 h	373, 619
^{52}Fe	8.2 h	165, 511
^{57}Co	270 jours	122
^{62}Zn	9.13 h	42, 511, 590
^{67}Cu	58.5 h	92, 184
^{67}Ga	78 h	93, 189, 296
^{72}As	26 h	511, 835
^{77}Br	57 h	520, multiple
$^{82\text{m}}\text{Rb}$	6.3 h	511, multiple
^{83}Rb	83 jours	530
└─→ $^{83\text{m}}\text{Kr}$	1.86 h	10
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	4.4 h	150
^{85}Sr	64 jours	51
^{87}Y	80 h	480
└─→ $^{87\text{m}}\text{Sr}$	2.8 h	388
^{99}Mo	66.7 h	740
$^{117\text{m}}\text{Sn}$	14 jours	158
^{117}Sb	2.8 h	158, 511
^{127}Xe	36.4 h	203, 172, 375
^{127}Cs	6.2 h	406
^{128}Ba	2.4 jours	134, 278
^{129}Cs	32.4 h	375
^{131}Cs	9.7 jours	29
^{157}Dy	8.1 h	326
^{167}Tm	9.6 jours	208
$^{197\text{m}}\text{Hg}$	24 h	134
^{197}Hg	65 h	77
^{203}Pb	52.1 h	280, 400
^{203}Bi	11.8 h	1520, 1870
^{204}Bi	11.2 h	multiple

PERSPECTIVES IRE.

L'IRE a entrepris son projet de cyclotron afin d'assumer sa responsabilité dans le domaine radiopharmaceutique pour les années futures. Par le choix d'un cyclotron à haute énergie, l'IRE s'est donné le moyen de développer certains radiopharmaceutiques qui ne sont pas encore produits à un niveau d'activité important. L'iode-123 et ses composés marqués sont du plus grand intérêt et l'IRE a axé son effort dans ce but.

D'un autre côté, l'IRE est également capable de suivre le développement futur de la tomographie par émission de positron et de devenir un fournisseur préférentiel d'émetteurs positron.

L'IRE est particulièrement attentif à la demande de la médecine nucléaire et vient ainsi participer par ses moyens techniques et scientifiques au développement du secteur santé.

BIBLIOGRAPHIE

1. W.G. MYERS, Radioisotopes of iodine. Radioactive Pharmaceutical. U.S.AEC, Oak Ridge, 1966. Conf. 65111, p. 217-243.
2. A. SYROTA et al , C-11 ligand binding to adrenergic and muscarinic receptors of the human heart studied in vivo by PET. 30th Annual Meeting of the Society of Nuclear Medicine, St. Louis (Mi), June 7-10, 1983.
3. Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Society of Nuclear Medicine 1983, Vol. 24, Number 5, p. 20 - 22.
4. P. BIEVELEZ et al , Preparation of carrier-free I-123 with a high radionuclidic purity. Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 30, 1976, p. 67-79.
5. P. RIGO, Applications de la scintigraphie à l'étude des fonctions cardiaques et de la maladie coronarienne. Mémoire Agrégat. Ens. Sup., Université de Liège, Institut de Médecine, 1981.
6. M.A. GUILLAUME, Krypton-81m generator production with a small cyclotron. Brit. J. Radiology, Report n° 15, p. 16, 1978.
7. C. VANDECASTEELE et al , Routine Production of Rb-81 - Kr-81m generators using the $^{81}\text{Kr}(p,2n)^{81}\text{Rb}$ reaction. Radiochem. Radioanal. letters 46, P. 283, 1981.

SAMENVATTING.

Cyclotron geproduceerde elementen bieden tegenover diegene die in een kernreactor geproduceerd worden verschillende voordelen : kort half-leven, afwezigheid van β productie, hoger meetgetal voor eenzelfde lokaal geabsorbeerde dosis. De uitgebreide gamma van produceerbare isotopen samen met de ontwikkeling van synthese- en markeringsmethoden dekken de fysiologische elementen met zeer kort half-leven : koolstof-11, zuurstof-15, stikstof-13 voor farmakologisch onderzoek, het thallium-201 voor hart scintigrafie, halogenen fluor-18 en jood-123 uitgekozen markeerders voor organische en biologische moleculen, indium-111 in chelaat vorm in de hematologie en het krypton-81m in long ventilatie onderzoek.

Door de keuze van een cyclotron met hoge energie heeft het I.R.E. de mogelijkheid verworven een brede waaier radiofarmaka te ontwikkelen en te produceren en de verdere ontwikkeling van de positron tomografie te volgen.

ABSTRACT.

Compared to most reactor produced radioelements, cyclotron-produced radioisotopes present some advantages such as short half-life, absence of β emission, increase of γ level versus locally absorbed dose. The wide variety inductible isotopes allied to the development of syntheses and labellings covers the physiological elements of ultra short period, carbon-11, oxygen-15, nitrogen-13 for pharmacological studies, thallium-201 for cardiac scintigraphy, the halogens (fluorine-18 and iodine-123) useful for organical and biological compounds labelling, indium-111 in hematology as well as chelated agent and krypton-81m for pulmonary scintigraphy.

With its choice of a high energy machine, I.R.E. ensures its capability to develop and produce the widest variety of radiopharmaceuticals and to follow the future developments of positron tomography.

ZUSAMMENFASSUNG.

Im Vergleich zu den meisten in Kernreaktoren erzeugten Radionukliden besitzen Radioisotope, die in Zyklotronen hergestellt werden, einige Vorteile wie zum Beispiel kurze Halbwertszeit, das Fehlen von β Emissionen, eine Erhöhung der Zählrate für dieselbe lokale absorbierte Dosis. Die große Vielzahl von herstellbaren Isotopen, verbunden mit der Entwicklung von Synthese- und Markierungsmethoden, erlaubt physiologische Elemente von kurzer Halbwertszeit abzudecken wie, Kohlenstoff-11, Sauerstoff-15, Stickstoff-13, für pharmakologische Studien, das Thallium-201 für die Herzsintillographie, die Halogene Fluor-18 und Iod-123 als bevorzugte Markierungselemente für organische und biologische Moleküle, das Indium-111 in Chelatform und in der Hämatologie, und das Krypton-81m in der Lungensintillographie.

Aufgrund der gewählten Hochenergiemaschine, sichert sich das I.R.E. die Möglichkeit, das breiteste Spektrum von Radiopharmazeutika zu entwickeln und herzustellen, sowie den zukünftigen Entwicklungen der Positronentomographie zu folgen.

BIJZONDERE ASPECTEN VAN STRALINGSBESCHERMING BIJ HET GEBRUIK VAN HOOGACTIEVE KORTLEVENDE TRACERPRODUCTEN IN DE NUCLEAIRE GENEESKUNDE.

Verbruggen A., De Roo M.

Laboratorium voor Nucleaire Geneeskunde en Radiofarmacie,
Universitair Ziekenhuis Gasthuisberg, B-3000 Leuven, België

SAMENVATTING

Het kortlevende technetium-99m wordt thans in de nucleaire geneeskunde in grote hoeveelheden aangewend wegens zijn gunstige eigenschappen en continue beschikbaarheid. Deze radionuclide wordt in het ziekenhuis afgezonderd uit een hoogactieve Tc-99m generator, die in een daartoe voorziene loodkluis moet bewaard worden en slechts mag geëluëerd worden mits gebruik van een gepaste loden elutiecontainer. De personen belast met de bereiding van met ^{99m}Tc gemerkte injectiepreparaten dienen te werken achter een loden scherm met loodglas met inachtneming van de basisregels van de stralingsbescherming en bij voorkeur in de nabijheid van een stralingsdetector met alarmsignaal. Het gebruik van spuitafschermers is volstrekt noodzakelijk tijdens de injectie van de tracerproducten om zowel de totale lichaamsdosis als de vingerdosis op een aanvaardbaar peil te houden. Wegens de hoge activiteiten aanwezig in het radioactief afval is het wenselijk de daartoe bestemde containers te voorzien van een loden afschermingsmantel. De technetium-99m houdende resten worden bij voorkeur gescheiden van het afval van langerlevende radionucliden, dat zo regelmatig mogelijk dient te worden afgevoerd.

1. INLEIDING

Het gebruik van radioactieve preparaten voor diagnose in de nucleaire geneeskunde is sinds vijftien jaar op exponentiële wijze toegenomen. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan het beschikbaar worden van relatief kortlevende radioisotopen met lage stralenbelasting ter vervanging van vroeger gebruikte radionucliden als jodium-131 en strontium-85, gekenmerkt door hun vrij lange halveringstijd en hoge stralingsdosis voor de patiënt. Ondanks de gunstige fysische eigenschappen van het merendeel der thans aangewende radionucliden, veroorzaakt het intensieve gebruik van deze tracerproducten een aantal specifieke problemen van stralingsbescherming om meerdere redenen:

- steeds meer personen met uiteenlopende vorming manipuleren radioactieve oplossingen met hoge activiteit;
 - sommige kortlevende radioisotopen worden in het ziekenhuis afgezonderd en in de geschikte chemische vorm gebracht juist vóór toediening aan de patiënt;
 - het gebruik van soms honderden millicuries van bepaalde tracerproducten per dag gaat gepaard met het ontstaan van belangrijke hoeveelheden radioactief afval met hoge activiteit.
- Het is daarom begrijpelijk dat aangepaste beschermingsmaatregelen en voorzorgen noodzakelijk zijn ter voorkoming en beperking van schadelijke effecten voor de personeelsleden.

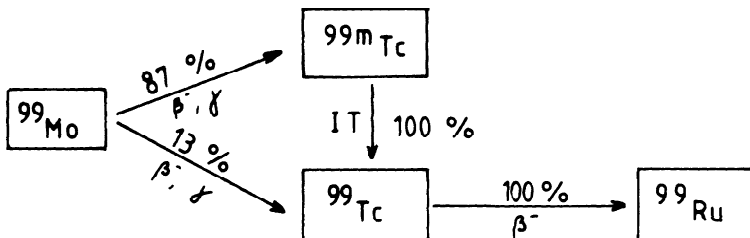
2. RADIONUCLIDEN GEBRUIKT IN DE NUCLEAIRE GENEESKUNDE

De belangrijkste radioisotopen, die thans bij diagnostische onderzoeken worden aangewend, zijn met enkele fysische kenmerken vermeld in tabel 1. Nog andere radionucliden als ondermeer kobalt-57, kobalt-58, chroom-51, selenium-75 en jood-125 worden eveneens toegediend, doch slechts sporadisch of in kleine hoeveelheden. Ondanks het grote aantal van deze mogelijk te gebruiken radionucliden worden bij ongeveer 90% van de diagnostische onderzoeken in de nucleaire geneeskunde preparaten toegediend, gemerkt met technetium-99m (1). Dit kan verklaard worden door de bijzonder gunstige eigenschappen van deze radionuclide:

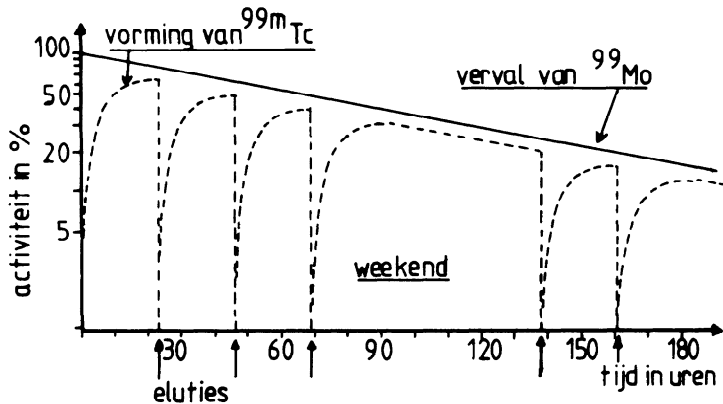
Tabel 1. Voornaamste radionucliden gebruikt in de nucleaire geneeskunde

Radionuclide	$T_{\frac{1}{2}}^{(2)}$	Wijze van verval	Energie γ -stralen(keV)
^{99m}Tc	6,02u	IT	140,5
^{123}I	13,0 u	EC	159 - (529)
^{201}Tl	73,0 u	EC	68 - 80 (X-stralen) 135, 167
^{67}Ga	78,3 u	EC	93,3 - 184,6 300 - 393
^{111}In	67,9 u	EC	172 - 249
^{81m}Kr	13 sec	IT	190
^{133}Xe	126 u	β^- (346 keV)	81
^{131}I	192,9 u	β^- (606 keV)	364 - 637 - 723

- de energie van de uitgezonden gammastraling (140,5 keV) is optimaal voor detectie door de gamma- of Angercamera;
- de stralingsdosis voor de patiënt is klein door de geringe weefselabsorptie van de gammastraling, de afwezigheid van alfa- en bètastralen en de korte halveringstijd (6,02 uur);
- technetium kan als transitie-metaal gebonden worden door chelaterende verbindingen met zeer uiteenlopende structuur en biodistributie, zodat ^{99m}Tc -preparaten beschikbaar zijn voor morfologisch en functioneel onderzoek van de meeste organen. Deze preparaten kunnen meestal op eenvoudige wijze in het ziekenhuis bereid worden uitgaande van in de handel verkrijgbare merkingskitten en een ^{99m}Tc -natriumpertechneaatoplossing;
- technetium - 99m is zonder onderbreking in voldoende mate in het ziekenhuis aanwezig bij gebruik van een ^{99m}Tc -generator, ook "technetiumkoe" genoemd. Dit toestel bevat een kolommetje gevuld met geactiveerd aluminiumoxide, waarop een hoge activiteit van ^{99}Mo stevig geadsorbeerd is. Zoals weergegeven in onderstaand schema vervalt deze radionuclide



grotendeels naar ^{99m}Tc , waarvan de activiteit op de kolom toeneemt tot na 22,9 uur een maximum wordt bereikt. Bij spoelen van de kolom met een fysiologische zoutoplossing wordt ^{99m}Tc onder vorm van natriumpertechneaat meegevoerd terwijl ^{99}Mo op het aluminiumoxide geadsorbeerd blijft. Figuur 2 geeft een voorstelling van het verloop van de activiteit aan ^{99}Mo en ^{99m}Tc op dergelijke kolom in functie van de tijd en van elutie van de kolom op verschillende tijdstippen.



Figuur 1. Verval van ^{99}Mo en vorming van $^{99\text{m}}\text{Tc}$ bij een $^{99\text{m}}\text{Tc}$ generator in functie van opeenvolgende eluties.

Voor het elueren van de commerciële generatoren volstaat het een luchtledig flesje op de gepaste naald te prikken en na enkele minuten beschikt men over een hoogactieve steriele $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -oplossing, die als zodanig kan gebruikt worden voor injectie of voor de bereiding van andere $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -preparaten.

3. Stralingsbescherming van het personeel bij het werken met $^{99\text{m}}\text{Tc}$ en andere kortlevende radionucliden

3.a. Algemene voorzorgen

De personeelsleden op een dienst van nucleaire geneeskunde dienen bij het werk uiteraard de basisregels van stralingsbescherming in acht te nemen. Het is daarom belangrijk dat zij bij hun indiensttreding een doeltreffende opleiding krijgen om zich de juiste werkgewoonten eigen te maken, waardoor de eigen stralingsdosis en het risico van besmettingen zoveel mogelijk worden herleid. Tot deze elementaire voorzorgsmaatregelen behoren ondermeer het steeds dragen van de dosismeter en het gebruik van handschoenen en bij voorkeur ook speciaal schoeisel bij de manipulatie van de radioactieve preparaten. Het is aan te raden het werkoppervlak en de vloer te bedekken met absorberend papier op de plaatsen waar de radioactieve oplossingen worden bereid, verdeeld of ingespoten. De perso-

neelsleden zullen tijdens het werk regelmatig, en zeker bij het einde van een werkperiode, de handen en kleding op besmetting controleren. Dit maakt de aanwezigheid van een draagbare besmettingsmonitor of indien mogelijk een hand- en voetmonitor op de dienst absoluut noodzakelijk. De flesjes met hoogactieve oplossingen zullen zoveel mogelijk gemanipuleerd worden met behulp van tangen. Het is tenslotte belangrijk dat er geleidelijk geen nonchalance zou ontstaan bij de toepassing van deze beschermingsmaatregelen. Alle betrokkenen dienen op ieder ogenblik erop bedacht te blijven zichzelf en anderen zo doeltreffend mogelijk af te schermen tegen de ioniserende straling.

3.b. Bijzondere richtlijnen voor personen belast met de bereiding en verdeling van hoogactieve kortlevende tracerproducten. In de ^{99m}Tc -generator is de met ^{99}Mo beladen kolom omgeven door 3 tot 4 cm lood, doch zoals kan berekend worden uit de waarden in tabel 2, verlaagt deze afscherming de stralingsdosis vanwege de hoogenergetische gammastralen (0,74 MeV) van ^{99}Mo slechts met een factor van 19 tot 52. De uitwendige stralingsdosis van een ^{99m}Tc -generator is afhankelijk van de

Tabel 2. Nucleaire eigenschappen van ^{99}Mo en ^{99m}Tc (3-6)

	^{99}Mo	^{99m}Tc
$T^{1/2}$	66,02 u	6,02 u.
halfwaarde dikte (lood)	7,02 mm	0,35 mm
blootstellingssnelheid (op 1 m vanwege 1 mCi)	0,15 mR/u	0,063 mR/u

vorm en bedraagt voor een bepaalde 300 mCi-generator 48 mR/uur in contact en 15 mR/uur op 30cm (6). Daarom mag de generator nooit als zodanig in het laboratorium worden opgesteld, doch steeds in de bijkomende loden afscherming (3 tot 4 cm) die bij iedere producent verkrijgbaar is. Bij de elutie van de generator dient de manipulator het elutieflesje zeker in de voorziene loden elutiecontainer te plaatsen, wat trouwens bij

sommige toestellen vereist is om te kunnen elueren. Een niet afgeschermd eluaat met 500 mCi ^{99m}Tc levert op 1 m een stralingsdosis van ongeveer 31 mR/u, die door gebruik van een loden afscherming van 5 mm herleid wordt met een factor van ongeveer 20.000. Het flesje met eluaat zal steeds bewaard worden in de loden elutiecontainer, die meestal voorzien is van een loodglasvenster. Zo kan een gewenste hoeveelheid van de ^{99m}Tc -pertechnetaatoplossing opgetrokken worden zonder het flesje uit de houder te moeten nemen.

Bij de bereiding van de verschillende ^{99m}Tc -preparaten is het onontbeerlijk dat de betrokken persoon kan werken achter een 4 tot 10 mm dik loden scherm met loodglasvenster, bij voorkeur verschuifbaar voor een stofarme werkkast met laminaire luchtstroom (steriliteit van de injectiepreparaten). Onder het werkoppervlak moet eveneens voldoende afscherming aanwezig zijn. Teneinde deze bereidingen snel en veilig te kunnen uitvoeren dienen alle benodigdheden binnen handbereik beschikbaar te zijn. Het is erg nuttig dat op of in de buurt van het werkoppervlak een stralingsdetector met geluidssignaal is opgesteld, zodat de manipulator wordt verwittigd bij contaminatie of onvoldoende afscherming van de preparaten. Het is aan te raden de onderscheiden loden recipiënten waarin de verschillende preparaten worden bewaard, te voorzien van een duidelijk merkteken, zodat uitsluitend de juiste container moet geopend worden bij het klaarmaken van een bepaalde injectiedosis. Het gebruik van afschermingscontainers met loodglasvenster of volledig uit loodglas is nog beter, daar men zo kan vermijden bij het optrekken van een dosis het flesje tussen de vingers te moeten nemen om het vloeistofniveau te kunnen zien. Deze loodglasrecipiënten zijn evenwel wegens hun grootte vrij onhandig en bovendien erg duur.

3.c. Stralingsbescherming tijdens de injectie van radioactieve preparaten

Personen die op een dienst van nucleaire geneeskunde de tracerproducten inspuiten, ontvangen meestal de hoogste jaarlijkse stralingsdosis wegens de dagelijkse vrij langdurige manipulatie van een groot aantal hoogactieve spuitjes.

Op kleine en middelgrote diensten is bovendien dikwijls dezel-
persoon belast met bereiding en toediening. De meest effi-
ciënte maar bovendien absoluut noodzakelijke voorzorgsmaat-
regel voor de betrokkenen is het gebruik van spuitafschermers,
hetzij volledig uit loodglas, hetzij uit lood met loodglasven-
ster. Tabel 3 geeft een samenvatting van vingerdosismetingen
bij manipulatie van 20 mCi ^{99m}Tc in wel en niet afgeschermd
spuiten. Hieruit blijkt duidelijk dat bij gebruik van de pas-
sende spuitafschermers de vingerdosis wordt herleid met een
factor 62 tot 186, afhankelijk van de grootte van de spuit
en het volume van de radioactieve oplossing. Ter hoogte van

Tabel 3. Vingerdosis bij manipulatie van 20 mCi ^{99m}Tc in
spuiten

Volume		Stralingsdosis (mR/u)		
spuit	^{99m}Tc -oplossing	zonder spuitafschermers	met spuitafschermers	
			t.h.v.loodglas	t.h.v. naald
1ml	1ml	560	7,8	32
5ml	1ml	480	9	140
5ml	5ml	460	3	48

de injectienaald is de stralingsdosis uiteraard hoger, vermits de spuitafschermers voor- en achteraan open zijn. Dosis-
metingen in ons ziekenhuis tijdens de injectie van de gebrui-
kelijke dosis van verschillende radioactieve preparaten zon-
der gebruik van spuitafschermers (Tabel 4 en 5) toonde een
vingerdosis aan tussen ongeveer 0,5 en 6 mR per ingespoten
patiënt. De totale lichaamsdosis liep in deze omstandigheden
zodanig op dat de maximale toegelaten jaardosis (5 R) zou
overschreden worden, indien het aantal patiënten en de hoeveel-
heid activiteit, die gebruikelijk zijn in ons ziekenhuis, op
deze manier zouden worden ingespoten door dezelfde persoon.
Gelijklopende conclusies zijn mogelijk uit beschreven soortge-
lijke experimenten (7).

Tabel 4. Stralingsdosis bij injectie van gebruikelijke dosissen van kortlevende tracerproducten zonder spuitafschermers.

Preparaat	Toegediende Activiteit	Vingerdosis per ingespoten patiënt (mR)
$^{99m}\text{Tc-MDP}$	20 mCi	5,8
$^{99m}\text{Tc-DTPA}$	15 mCi	3,7
$^{99m}\text{Tc-MAA}$	4 mCi	0,87
$^{201}\text{Tl-TlCl}$	2,5 mCi	0,47
$^{67}\text{Ga-Gacitr}$	2,5 mCi	0,73

Tabel 5. Stralingsdosis gemeten bij injecterende persoon indien alle gebruikelijke tracerproducten worden ingespoten zonder spuitafschermers

linker hand	130 \pm 60 mR/dag
rechter hand	110 \pm 50 mR/dag
totale lichaam	30 mR/dag
<u>extrapolatie naar jaardosis (225 dagen)</u>	
handen	27 R
totale lichaam	6,75 R

Het is derhalve uitermate belangrijk dat de verantwoordelijke personen er strikt op toezien dat de spuitafschermers bij iedere inspuiting worden aangewend en niet geleidelijk worden weggelaten wegens het lichte ongemak dat zij veroorzaken bij het inspuiten.

3.d. Stralingsbescherming tegen radioactief afval

Bij een onderzoek naar aanleiding van abnormaal hoge stralingsdosissen bij sommige personeelsleden van de dienst nucleaire geneeskunde, werd vastgesteld dat sommige containers met radioactief afval hoogactieve stralingsbronnen waren. Op 50 cm boven het deksel werd een stralingsdosis van 200 mR/week gemeten. Sindsdien werden deze containers binnen volledig bekleed met een mantel van 3 mm lood.

Een bijkomende maatregel is de scheiding tussen enerzijds de met ^{99m}Tc en ^{123}I besmette afval en anderzijds de resten van langerlevende radionucliden. Dit laatste afval wordt tevens tweemaal per week afgevoerd. Deze scheiding is bovendien voordeliger, daar de grote hoeveelheden afval, besmet met ^{99m}Tc en ^{123}I , na enkele weken volledig vrij zijn van radioactiviteit en geen speciale verwerking meer vereisen.

De auteurs danken Ir. B. Gebruers en Ir. J. Deblicq, stralingsbeschermingsdienst, U.Z. Leuven, voor de praktische hulp bij de stralingsdosismetingen.

REFERENTIES

- (1) BROWNE, E. et al., in "Table of Isotopes", Lederer C.M., Shirley, V.S., Eds. (1978) Wiley, New York.
- (2) RHODES, B.A. et al., "Basics of radiopharmacy", (1978) Mosby, St. Louis, 9.
- (3) IRE, Elutec^R, Steriele technetium-99m generator, package insert, (1979).
- (4) The Radiochemical Centre Amersham, Technetium-99m sterile generator, nuclear data (1977).
- (5) New England Nuclear, Technetium Tc 99m generator (fission), package insert (1980).
- (6) Squibb Nuclear diagnostic, Minitec II Technetium 99m compact generator, radiation protection (1983).
- (7) HENSON, P.W., Brit. J. Radiol., 46, (1973) 972.

RESUME.

Le technetium-99m à courte demi-vie s'emploie actuellement en grandes quantités en médecine nucléaire en raison de ses propriétés favorables et sa disponibilité constante. Ce radionuclide est isolé en clinique d'un générateur ^{99m}Tc à haute activité qui se conserve dans un coffre en plomb approprié et ne peut être élué qu'avec l'emploi d'un conteneur à élution en plomb. Les personnes chargées de la préparation des produits à injecter marqués au ^{99m}Tc doivent travailler derrière un écran de plomb avec fenêtre de protection équivalente et doivent suivre les règles fondamentales de la radioprotection de préférence à proximité d'un détecteur de radiations avec signal d'alarme. L'emploi de protection autour des seringues est absolument indispensable pendant l'injection des traceurs afin de maintenir à un niveau acceptable aussi bien la dose corporelle totale que la dose aux doigts. En raison des hautes activités présentes dans les produits de déchet, il est souhaitable de munir les récipients prévus à cet effet d'un manteau de protection en plomb. Les résidus contenant du ^{99m}Tc sont séparés de préférence des résidus des nucléides à demi-vie plus longue qui doivent être évacués très régulièrement.

ABSTRACT.

Technetium-99m with short half-life is used in great quantities in nuclear medicine because of its interesting properties and its constant disponibility. This nuclide is isolated from a high activity ^{99m}Tc generator which is kept in an appropriate lead vault and is eluated only by means of a lead elution container. People working in the preparation of ^{99m}Tc labelled products for injection, should work behind a lead screen with a window of equivalent protection and should follow the fundamental prescriptions of radiation protection preferably with a radiation detector with alarm signal in the proximity. The use of protections around the syringes is absolutely necessary during the injection of the tracer products in order to maintain the total body dose and the finger dose under an acceptable level. Because of the high activities present in the waste products, the appropriate containers should be surrounded by a lead protection mantle. Technetium-99m containing waste products should be separated from the longer half-life waste products which have to be evacuated regularly.

ZUSAMMENFASSUNG.

Das kurzlebige Technetium-99m wird heute in großen Mengen in der Nuklearmedizin verwendet, wegen seiner günstigen Eigenschaften und seiner ständigen Verfügbarkeit. Dieses Radionuklid wird im Krankenhaus aus einem hochaktiven Tc-99m Generator abgetrennt, der in einer speziell hierfür vorgesehenen Bleiabschirmung aufbewahrt werden muß, und nur mit Hilfe eines angepaßten Elutionsbehälters aus Blei eluiert werden darf. Das Personal, das die Herstellung von mit Tc-99m markierten Injektionslösungen durchführt, muß hinter einer mit Bleiglas versehenen Bleiabschirmwand arbeiten, unter Inachtnahme der Grundregeln des Strahlenschutzes und vorzugweise in der Nähe eines Strahlendetektors mit Alarmsignal. Der Gebrauch von Spritzenabschirmungen ist absolut notwendig während der Injektion von Tracerprodukten, um sowohl die Gesamtkörperdosis, wie auch die Fingerdosis auf einem zulässigen Wert zu halten. Infolge der hohen Aktivitäten im radioaktiven Abfall, ist es wünschenswert, die vorgesehenen Abfallbehälter mit einem Blei-Abschirmmantel auszustatten. Die Technetium-99m enthaltenden Abfälle werden zweckmäßigerweise von Abfall mit länger-lebigen Radionukliden getrennt, die so regelmäßig wie möglich entfernt werden müssen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection.

CONSEILS AUX AUTEURS.

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

IMPRESSION.

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

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

PRESENTATION.

- Utiliser exclusivement du papier blanc de format Din A4 ;
- Maintenir le texte, dessins et figures dans un cadre de 160 x 240 mm au milieu de la feuille ;
- Dactylographier sur une seule face ;
- Dactylographier l'article en interligne 1 1/2 et les résumés en interligne simple ;
- Prévoir la place nécessaire dans le texte pour insérer les photos éventuelles ;
- Joindre les photos en y mentionnant au verso, le nom de l'auteur, le titre de l'article, le numéro de la figure, l'indication du haut et du bas (ne pas les coller aux places réservées) ;
- Veiller à ce que : - les légendes des figures, photos et tableaux soient explicites indépendamment du texte mais que d'autre part les références se retrouvent néanmoins dans le texte ;
 - les indications sur les figures et photos soient de dimension suffisante pour rester lisibles après réduction de 20 %, tout en restant dans le cadre de 160 x 240 mm ;

- les formules mathématiques apparaissent sur des lignes séparées et soient numérotées ;
- les fractions soient dactylographiées avec une barre de fraction oblique ;
- Numérototer les pages au crayon au verso.

SUBDIVISIONS.

1) TITRE (en majuscules).

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

Sous le titre viennent dans l'ordre :

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

2) Résumé (interligne simple).

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

3) Article (interligne 1 1/2).

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

4) Références.

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

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

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

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

REMARQUES.

- Chaque auteur reçoit gratuitement 25 exemplaires de son article.
- Il peut, sur demande, en recevoir plus au prix coûtant, à condition d'en préciser le nombre à la remise du manuscrit.
- Le nombre de photos (uniquement en noir et blanc) est limité à 4 par article ; les photos supplémentaires sont à charge de l'auteur.
- Le nombre total de pages devrait être de préférence un multiple de 4.
- Les textes non conformes aux directives ci-dessus sont retournés aux auteurs pour une nouvelle mise en page, ce qui allonge forcément le délai de parution.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming.

RICHTLIJNEN VOOR AUTEURS.

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

DE GETIJPTE TEKST.

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

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

PRESENTATIE.

- Uitsluitend wit papier gebruiken van Din A4 formaat ;
- Tekst, tekeningen en figuren binnen een kader van 160 x 240 mm in het midden van het blad houden ;
- Enkel op een zijde tijpen ;
- De tekst met anderhalve tussenregels, de abstracts met enkele tussenregels tijpen ;
- Ruimte voorzien in de tekst voor het eventueel inlassen van foto's ;
- De foto's afzonderlijk bezorgen met melding op de keerzijde van naam van de auteur, titel van de publikatie, nummer van de figuur, melding van boven- en onderzijde (niet op de voorziene plaats kleven) ;
- Zorgen dat - de bijschriften van figuren en tabellen zo duidelijk zijn dat zij kunnen begrepen worden zonder het artikel te lezen. Nochtans moet in de tekst de referentie naar deze figuren en tabellen terug te vinden zijn ;
 - meldingen op foto's en tabellen groot genoeg zijn om leesbaar te blijven na reductie met 20 % maar steeds binnen de kader 160x240 mm blijven ;

- de wiskundige formules op afzonderlijke lijnen voorkomen en genummerd zijn ;

- de in de tekst voorkomende breuken met een schuine deelstreep geschreven worden ;

- Zorgen dat de bladzijden op de keerzijde met potlood genummerd worden.

INDELING.

1) TITEL (in hoofdletters).

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

Onder de titel, komen achtereenvolgens :

- auteur(s), naam en beginletter van voornaam ;

- naam en adres van het laboratorium of instituut.

- Vijf lijnen open laten voor eventuele melding van datum van ontvangst.

2) Samenvatting (enkele tussenregels).

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

3) Artikel (anderhalve tussenregels).

Het artikel wordt ingedeeld in paragrafen genummerd met arabische cijfers.

4) Referenties.

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

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

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

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

OPMERKINGEN.

- Elke auteur ontvangt gratis 25 uittreksels van zijn artikel.

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

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

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

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

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

Annales de l'Association Belge de Radioprotection.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS.

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

PRINTING.

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

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

PRESENTATION.

- Use exclusively white Din A4 paper ;
- Keep the text, drawings and figures in a frame of 160 x 240 mm ;
- Type on one side only ;
- Type the article with 1 1/2 space and the abstract with single space ;
- Provide in the text the space for inserting photographs if necessary ;
- Provide the photographs with mention on the reverse of name of the author, title of the article, number, indication of up and down (do not fix them in the provided space) ;
- Care that : - captions under figures, photographs and tables should be understandable without reference to the text although their references should be found in the text ;
 - size of lettering is such that letters and symbols remain legible after reduction of 20 % ;
 - mathematical notations appear on separate lines and are numbered ;
 - fractions are typed with oblique fraction bar ;
- Number the pages with pencil on reverse.

SUBDIVISIONS.

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

Under the title, following this order :

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

- 2) Abstract.

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

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

- 3) Article.

The article is divided in paragraphs numbered with Arabic numerals.

- 4) References.

The reference list should be compiled in the following manner :

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

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

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

REMARKS.

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

Annales de l'Association Belge de Radioprotection.

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming.

HINWEISE FÜR AUTOREN.

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

DRUCK .

Das Manuskript wird unmittelbar mit einer Verkleinerung von 8/10 reproduziert. Um einen klaren, leserlichen Text zu erhalten, ist daher folgendes zu beachten :

- Manuskripte sollten mit schwarzem Farbband, möglichst mit der elektrischen Schreibmaschine geschrieben sein ;
- Das Original, keine Maschinen oder Photokopie, sollte eingereicht werden ;
- Für handgeschriebene Formeln oder Zeichnungen gebrauche man schwarze Tinte (Ausziehtusche).
- Die im Text erscheinenden Abbildungen sollen mit weissem Papierleim, nicht mit Klebband, befestigt werden.

FORMAT.

- Text : ausschliesslich auf DIN A4 Papier, einseitig mit 1 1/2 - fachem Zeilenabstand geschrieben ;
- Abstract ; wie Text, aber einzeilig ;
- Text, Zeichnungen und Abbildungen innerhalb eines Rahmens von 160 x 240 mm
- Im Text soll der Platz für vorgesehene Photographien freigelassen werden ;
- Photographien werden auf der Rückseite mit dem Namen des Autors, dem Titel des Artikels, der Nummer und der Bezeichnung von Oben und Unten beschriftet aber nicht eingeklebt ;
- Man achte darauf dass :
 - die Legenden zu den Abbildungen, Photographien und Tabellen ohne Bezugnahme auf den Text verständlich sind ;
 - sich Hinweise darauf im Text finden sollten ;
 - die Beschriftung gross genug ist, damit sie auch nach Verkleinerung von 20 % lesbar bleibt ;
 - mathematische Formeln sollen in separaten Zeilen erscheinen und numeriert sein, Fraktionen sollen mit Schrägstrich geschrieben sein ;
- Die Seiten sind mit Bleistift auf der Rückseite zu numerieren.

GLIEDERUNG.

- 1) TITEL (in Grossbuchstaben) sollte Schlüsselworte enthalten, um eine bibliographische Suche zu ermöglichen.

Unterhalb des Titels folgen

- Autor(en), Familienname und Initialen der Vornamen, Name und die Anschrift des Labors oder Instituts.

- 2) Zusammenfassung.

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

- 3) Artikel.

Der Artikel wird in mit arabischen Zahlen nummerierte Abschnitte gegliedert.

- 4) Literaturverzeichnis.

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

- 5) Zusammenfassungen in Französisch, Niederländisch, Deutsch und English.

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

BEMERKUNGEN.

Jedem Autor werden 25 freie Sonderdrucke geliefert.

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

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

Zusätzliche Photos gehen zu Lasten des Autors.

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

ASSOCIATION BELGE DE RADIOPROTECTION
 BELGISCHE VERENIGING VOOR STRALINGSBESCHERMING

LISTE DES MEMBRES - LEDENLIJST

1984

ABRAHAM J.P. (Centr.Nucl.Tihange)	Rue de l'Industrie 1, 5201 Tihange (Ir)
ABSIL P.	Av. Jouret 12, 7800 Ath (Dr)
ALDERHOUT J. (EURO)	Luxemburglaan 5, 2440 Geel (Chim)
ALLEWAERT J.	Ridder de Gellincklaan 6, 9820 St. Denijs-Westrem (Dr.Sc.)
ANDRE B. (Carbochim)	Rue de la Carbo, 7340 Tertre (Chim)
APERS D. (UCL)	Naamsesteenweg 507, 3030 Heverlee (Prof)
BAEKELANDT L. (MSP)	Evangeliestraat 160, 9160 Hamme (Phys)
BAILLOT P. (Ulg)	Rue Lavaniste 176, 4410 Herstal (Ass)
BALLE-HELAERS E. (Mme)	Rue A. Renard 55, 1060 Bruxelles (Dr)
BALLIAUW A. (Ass.Vinçotte)	Patrijzenlaan 15, 1510 Buizingen (Ir)
BARE H.	Goudenregenlaan 8, 2610 Wilrijk (Dr)
BAUDELET C. (Ass.Vinçotte)	Rue d'Acoz, 6071 Châtelet (Ir)
BAUDUIN J.C. (MDN)	Martelarenstraat 181, 1900 Vilvoorde (Ir)
BAUGNET J.M. (CEN/SCK)	Europawijk 5, 2440 Geel (Ir)
BAUWENS M.	Mgr. Van Haernelaan 54, 8500 Kortrijk (Dr)
BEUMIER A. (UCL)	Pl. E. Keym 43, Bte 17, 1170 Bruxelles (Math)
BODART F. (Fac. Un.Namur)	Rue Deprez 5, 5004 Bouge (Phys)
BOLLEN R. (Agfa-Gevaert)	Agfa-Gevaert N.V. Septestraat 27, 2510 Mortsel (Dr)
BONNET M.P. (Nucleobel)	Bd. Lambermont 418, 1030 Bruxelles (Ir)
BOSSUT M.	Engelselaan 6, 1990 Hoeilaart (Dr)
BOUDENGEN B.	Keusekouter 57, 9810 Drogen (Chim)
BOUILLON G. (MSP-	Rue Albert 1er 30, 7250 Frameries (Ass)
BOULENGER R.R. (CoRaPro)	Villa 15, Boeretang 284, 2400 Mol (Phys)
BOUQUIAUX J. (MSP)	Square Marie-Louise 56, 1040 Bruxelles (Chim)
BOURDA Z. (RUG)	Gordunakaai 18, 9000 Gent (Dr) (Dr.Sc.)

BOURGOIGNIE R. (RUG)	Ed. de Cuyperstraat 1, 8400 Oostende (Dr.Sc)
BROUWERS J.F.	Rue Hanson 17, 4050 Esneux (Dr)
BRUYNS A. (Hôpital St.Gilles)	Av. du Parc 39, 1060 Bruxelles (Dr)
CANTILLON G.E. (MSP)	Bd. Brand Whitlock 142, 1200 Bruxelles (Pharm)
CAROYER J.M.	Rue Uyttenhove 9, 1090 Bruxelles (Dr)
CAUSSIN J. (UCL)	Rue Vanden Bossche 27, 1140 Bruxelles (Ass)
CENTNER B. (Electrobel)	Av. des Touristes 19, 1150 Bruxelles (Ir)
CHAVEE B. (Mevr)	Naamsestraat 84, bus 21, 3000 Leuven (Dr)
COLARD J. (CEN/SCK)	Strasbourglaan 12, 2400 Mol (Phys)
COLLARD J.	Rue du Palais 14, 4800 Verviers (Dr)
COMPTDAER Y. (RUG)	Hubert Frère-Orbanlaan 545, 9000 Gent (Ir)
CONSTANT R. (I.R.E.)	Av. du Nord de Gilly 220, 6220 Fleurus (Dr.Sc)
COOMANS J. (Controlatom)	Boomgaardoord 10, 1950 Kraainem (Ass)
COOSEMANS R. (UM)	Av. Z. Gramme 1, 1810 Wemmel (Dr)
CORDIER J.M.	6e Av. 76, 6001 Marcinelle (Dr)
CORNELIS G.	K. Leopold II Laan 72, 9000 Gent (Dr)
COTTENS E. (MSP)	Lindetuin 58, 8798 St. Eloois-Vijve (Dr.Sc.)
CULOT J.P. (CoRaPro)	Rijtenhof 17, 2400 Mol (Dr.Sc)
CUVELIER (ACEC)	ACEC Division Nucléaire, 6000 Charleroi
CZERWIEC W. (Kerncentr.Doe1)	Wilgengaarde 8, 1720 Groot-Bijgaarden(Ir)
CZERWIEC-POTE J. (Mevr.)	Wilgengaarde 8, 1720 Groot-Bijgaarden(Ir)
DANCOT H.	Av. Meyerbeer 24, 1180 Bruxelles (Dr)
DEAN A. (Philips)	Pl. de Brouckère 2, Bte 1, 1000 Bruxelles, (Ass)
DEBACKER J. (RUG)	Coupure 267, 9000 Gent(Dr)
DEBAUCHE A. (IRE)	Rue St. Lambert 17A 5880 Tourinnes-St-Lambert (Phys)
DEBRY A. (MDN)	Waalsebaan 57, 1980 Tervuren (Dr)
DECKERS C.	St. Jansbergsteenweg 303, 3030 Heverlee (Dr)
DECLERCQ-VERSELE H. (MSP)	Bloemhof 68, 1630 Linkebeek (Chim)
DECLERK A. (KUL)	Sneppedreef 12, 8200 Brugge (Dr)
DEFAYS F.	Rue de Lustin 1b, 5330 Assesse (Dr)
DEJONGHE P. (CEN/SCK)	Boeretang 262, 2400 Mol (Agr)

DELABARRE P.	Vlieguit 5, 9830 St.Martens Latem (Dr)
DELHOVE J. (Controlatom)	Av. de la Malmaison 49, 1410 Waterloo (Ir)
DELWAIDE P. (ULg)	Rue des Bonnes Villes 1, 4000 Liège (Dr)
DEMULDER R. (Philips)	Pl.de Brouckère 2, Bte 1 1000 Bruxelles (Dr)
DEMUYNCK G.	Raamstraat 1, 8000 Brugge (Dr)
DEMUYNCK H. (RUG)	Lakenmeerstraat 46, 9730 Nazareth (Ass)
DENAYER F.	Jachtlaan 37, 1040 Brussel (Dr)
DE NEEF J. (MSP)	Kalkestraat 116, 9360 Buggenhout (Dr.Sc)
DE PLAEN P.	Rue de Crayer 18, 1050 Bruxelles (Dr)
DE RAS E. (BCMNI)	Turnhoutsebaan 264, 2400 Mol (Ir)
DE ROO M.	Herendreef 26, 3030 Heverlee (Dr)
DEROUAUX J. (ULg)	Rue Simonon 13, 4000 Liège (Dr)
DERWAE J. (ITSE)	Koudenaerdestraat 43, 1710 Dilbeek (Chim)
DE SAEDELEER G. (Westinghouse)	Rue du Champion 21, 1070 Bruxelles (Dr.Sc)
DE SCHRIJVER A. (RUG)	Casselrijlaan 2, 9800 Deurne (Dr)
DESLOOVERE J. (Kerncentr.Doe1)	W. Van Laarstraat 27, 2600 Berchem (Dr)
de THIBAUT de BOESINGHE L. (RUG)	St. Martenstraat 10, 9000 Gent (Dr)
DETILLEUX E. (EURO)	Straatsburglaan 32, 2400 Mol (Dr.Sc)
DETROUX L. (UCL)	Langeveld 101, 1180 Bruxelles (Dr)
DE VEIRMAN M. (Mevr.)	Solvynstraat 48, 2000 Antwerpen (Dr)
DEVLESAVER C.	Rue de Turenne 44, 6000 Charleroi (Dr)
DIERKENS F. (Electronucléaire)	Rue de la Pépinière 41, 1000 Bruxelles (Ir)
DOPCHIE H. (Ass. Vinçotte)	Ass. Vinçotte, 1640 Rhode-St-Genèse (Ir)
DOR L.	Route de Philippeville 11, 6270 Loverval (Dr)
DOUMONT P. (Centr.Nucl.Tihange)	Les Golettes 104, 5201 Tihange (Ir)
DOUWEN M.	Martelarenstraat 99, 2400 Mol (Ir)
DRESSE H. (Intercom)	Warandeborg 47, 1970 Wezembeek-Oppen (Ir)
DREZE P. (Camira)	Rue J. Delhaye 11, 5001 Belgrade (Chim)
DRYMAEL H. (Ass. Vincotte)	Rue du Repos 11, 1180 Bruxelles (Ir)
DUFOUR J.M.	Rue Bohémont 12, 6800 Bertrix (Chim)
DULCINO J. (CEN/SCK)	Beemdestraat 4, 2300 Turnhout (Chim)
DUQUENNE-FONTENELLE (Mme)(FN)	Rue de l'Observatoire 64, 4000 Liège (Ir)
DUSONG M. (Electrobel)	Roeselaerstraat 2, 9562 St. Antelinks (Ir)
DUWELZ E.	Grands-Prés, Pont Canal 467, 7000 Mons (Ass)
EGGERMONT G. (RUG)	Rid. Soenenspark 33, 9820 St. Denijs- Westrem (Dr.Sc)

FAES M. (CEN/SCK)	Fazantendreef 13, 2850 Keerbergen (Dr)
FEREMANS W. (ULB)	Av. Château de Walzin 9, Bte 1, 1180 Bruxelles (Dr)
FIEUW G. (CEN/SCK)	Boeretang 233, 2400 Mol (Ir)
FOSSOUL E. (BN)	Av. d'Huart 221, 1991 Kraainem (Ir)
FRANCHOIS H.(Kerncentr. Doel)	Dennenlaan 48, 2758 Haasdonk (Ir)
FUGER J.M. (ULg)	Lab. Chimie Analytique et Radiochimie(B6) Université de Liège, 4000 Sart-Tilman- Liège (Dr.Sc)
GARSOU J. (ULg)	Rue Ed. Jacquemotte 53, 4500 Jupille- sur-Meuse, (Dr.Sc)
GAYE P.	Trieu Macotte 126, 6591 Macon (Pharm)
GEBRUERS B.	Alfons Dewitstraat 69, 3079 Meerbeek (Ass)
GENET P.	Rue de l'Eglise 4, 7970 Beloeil (Dr)
GEVA G. (CPAS-Charleroi)	Av. des Eglantines 19, 6110 Montigny- le-Tilleul (Dr)
GILLARD J. (Mme) (MSP)	Av. du Feuillage 7, 1180 Bruxelles(Chim)
GODFROI E.E.	Rue de l'Europe 12, 4100 Seraing (Dr)
GOENS J.	Av. des Petits Bois 16, 1640 Rhode-St-Genèse (Ir)
GOOSSENS H. (FBFC)	Leopoldlaan 16, 2400 Mol (Ir)
GOUTIER R. (ULg)	Lab. Chimie Appliquée, Université de Liège au Sart-Tilman, 4000 Liège (Dr)
GOVERNEUR J.C.	Rue des Noisetiers 3, 6290 Nalinnes(Dr)
GOVAERTS P. (CEN/SCK)	Stijn Streuvelsstraat 26, 2150 Malle (Ir)
GREER J.L. (Electrobel)	Rue des Viaducs 101, 7450 Nimy (Ass)
GUEBEN M (Centr. Nucl.Tihange)	Av. de l'Europe 2, 5200 Huy (Ir)
GUILLAUME J. (ULg)	Rue de la Vieille Tour 2, 4030 Liège- Grivegnée (Ass)
HAUT H. (UCL)	Neutronothérapie, Tour Claude Bernard, UCL 54.69, Av. Hippocrate 54, 1200 Bruxelles (Ir)
HAVAUX A. (Controlatom)	Av. des Avocettes 15, 1420 Braine- l'Alleud (Ir)
HENKINBRANT J.M.	Rue de France 32, Bte 5, 4800 Verviers(Dr)
HENRIST M. (ULg)	Rue Prof. Mahaim 3, 4200 Ougrée (Dr.Sc)
HENRY F.	Av. Père Damien 88, 1150 Bruxelles (Dr)
HENRY J. (ULB)	Av. Defré 267, 1180 Bruxelles (Dr)
HERMANS J. (St.Jan-Brugge)	Malehoeklaan 136, 8310 Brugge (Ing.Ind)
HEUSE A. (ULB)	Rue Ten Bosch 85, Bte 78, 1050 Bruxelles (Dr)

HIEMELEERS J. (MH)	Leemanslaan 35, 2430 Olen (Chim)
HOLMSTOCK L. (CEN/SCK)	V.d.Nestlaan 14, 2250 Broechem (Dr)
HOLVOET A.	Groenigebaan 44, 8500 Kortrijk (Dr)
HUBERT E.H. (UEEB)	Drève de Soetkin 58A, 1070 Bruxelles(Ir)
HUBLET P. (MET)	Rue Kindermans 14, 1050 Bruxelles (Dr)
HUYSKENS C.	Stralingsbescherming Dienst, T.H. Eindhoven, Postbus 513, Eindhoven, Nederland (Ir)
JACOBS R. (RUG)	Grotenbroek 40, 9745 Semmerzake (Dr.Sc)
JACQUEMIN R. (IRE)	Av. de la Pairelle 39, 6269 Aiseau- Presles (Ass)
JACQUERYE R. (UCL)	Venelle des MÉRISIERS 22, 1301 Bierges (Dr.Sc)
JACQUES P. (KOL)	Hoogstraat 23, 3043 Bierbeek (Dr)
JANSSENS A. (RUG)	Heystwegel 1, 9210 Heusden (Phys)
JOLIVET A. (CEE)	Av. Château de Walzin 9, 1180 Bruxelles, (Dr)
JONCKHEER M.(VUB)	Heilsborrestraat 2A, 1700 Asse (Dr)
JOVANOVIC D. (UCL)	Tiensesteenweg 87, 3040 Bierbeek (Dr)
KEUSTERS J.	Ganzendries 85, 3041 Pellenberg (Dr)
KEYEUX A. (UCL)	Rue Jules Larivière 127 5218 Landenne/Meuse (Dr)
KIRCHMANN R. (CEN/SCK)	Rue Cardinal Cardijn 5, 4480 Oupeye(Agr)
KIRSCH-VOLDRS M. (Mevr)(VUB)	Lab. Antropogenetica VUB, Pleinlaan 2, 1050 Brussel (Vet)
KOCH G. (CEN/SCK)	Boeretang 234, 2400 Mol (Chim)
LADRIELLE T. (Controlatom)	Av. Charles de Lorraine 20, 1420 Braine-l'Alleud (Dr.Sc)
LAFONTAINE A. (MSP)	Bd. Brand Whitlock 95, 1040 Bruxelles(Dr)
LAFONTAINE I. (BN)	Engelandlaan 6, 2440 Geel (Chim)
LAMBOTTE J.M. (MSP)	Rue Adelin Houtfenne 2, 1330 Rixensart (Ing.Ind.)
LARDINOIS A. (CPAS Bruxelles)	Av. des Glycines 10, 1030 Bruxelles (Dr)
LECLERE R. (MSP)	Rue du Bon Pasteur 57/15, 1140 Bruxelles (Ir)
LECOMTE P. (ULB)	Bloemendal 7, 1650 Beersel (Dr)
LEJEUNE P. (MSP)	Av. Commandant Lothaire 50, 1040 Bruxelles (Dr)
LEJEUNE S. (ULB)	Av. Provinciale 7, 1341 Ceroux-Mousty (Ir)
LEMAHIEU S.	Freren Fonteinstraat 8, 8000 Brugge (Dr)
LEMAIRE M.	Rue Colson 31, 4431 Loncin (Dr)

LEPOUTRE M.	Veltwijcklaan 172, 2070 Ekeren (Dr)
LEROY R. (CEN/SCK)	Domaine du Bois du Roi 7, 7141 Epinois (Ass)
LESCOT J.P. (Sabena)	Service médical, Aérodrôme National 1930 Zaventem (Dr)
LINCHET G.	Av. Napoléon 3, 1420 Braine l'Alleud(Dr)
LION G.	Av. des Châtaigniers 10, 1150 Bruxelles (Dr)
LOODTS P.	Rue Streeel 17, 4283 Hannut (Dr)
LORIDAN W. (Forum Nucl.)	Rue de la Pépinière 36, 1000 Bruxelles (Ing. Comm.)
LUJA M.	H. Conscienlaan 3, 8401 Bredene (Dr)
LUYKX F. (CEE)	Commission des Communautés européennes Bld. Jean Monnet, Kirchberg, Luxembourg, Grand-Duché (Ir)
LUYTENS J.	Tramstraat 30, 2431 Oevel (Dr)
MAES D. (MDN)	Av. des Pinsons 6, 1420 Braine-l'Alleud (Ir)
MAES G. (CEN/SCK)	Collegestraat 60, 2300 Turnhout (Dr)
MAESEN L. (Centr.nucl.Tihange)	Centrale nucléaire de Tihange, 5201 Tihange (Ir)
MAISIN H. (UCL)	Rue de Grez, 5989 Bossut-Gottechain (Ir)
MAISIN J. (CEN/SCK)	Radiobiologie, CEN/SCK, 2400 Mol (Dr)
MALENGREAUX J. (Unerg)	Rue au Long Pré 17, 4920 Embourg (Ir)
MAMBOUR C. (Controlatom)	Rue Sainte-Anne 34, 6238 Luttre (Ass)
MANCHE P. (Technitest)	Techni-Test, Brusselsesteenweg 70, 1800 Vilvoorde (Ir)
MASSCHELEIN W. (CIBE)	Av. des Tourterelles 32, 1150 Bruxelles (Dr.Sc)
MEERT D.	Canberra-Positronika N.V. Poldersstraat 26, 9400 Ninove (Ass)
MEERT L. (KUL)	Verbindingslaan 86, bus 52, 3030 Leuven (Ass)
MERCHIE G. (ULg)	Av. A. Mahiels 7/051, 4020 Liège (Dr)
MERGAN Y. (Mme)	Av. Beau Séjour 62, 1180 Bruxelles (Dr)
MICHAUX J.	Chaussée de Châtelet 59, Bte 2, 6060 Gilly, (Dr)
MINET P.	Rue du Vieux Mayeur 2, 4000 Liège (Dr)
MINON J.P. (Ass.Vinçotte)	av. du Bois de la Cambre 184, Bte 3, 1050 Bruxelles, (Ir)
MOERMAN J. (RUG)	Holeinde, 9288 Kalken (Dr)
MORRE M.	Sabina v.Beierenlaan 18, 9620 Zottegem (Chim)

MOTTE F. (CEN/SCK)	Europawijk 1, 2440 Geel (Ir)
MOUREAU J.C. (MSP)	Rue de Crayer 7, 1050 Bruxelles (Ir)
NORDVIK N. (SNCB)	Av. de Tervuren 116, 1040 Bruxelles (Dr)
NUYTS R. (MET)	A. Drouartlaan 32, 1160 Bruxelles (Ir)
OSIPENCO A. (EURO)	Boeretang 263, 2400 Mol (Ir)
PAHAUT H.	Route de Hesbaye 75, 4000 Liège (Dr)
PENELLE G. (CoRaPro)	Kievitstraat 150, 2400 Mol (Ir)
PEPERSACK J.P. (SABCA)	Av. de la Floride 100, 1180 Bruxelles(Dr)
PESCHE A. (ULg)	Av. Nicolaï 14, 4802 Verviers (Math)
PHILIPS R. (Landis & Gyr)	Gergelstraat 48, 1970 Wezembeek-Oppem(Ass)
PIRET P. (ULg)	Av. Clemodeau 195C, 4155 Villers-le-Temple, (Ir)
PIRON A. (Bordet)	Av. des Ménéstreis 100, 1080 Bruxelles (Phys)
POELAERT M. (UCL)	Rue du Roetaert 25, 1180 Bruxelles (Phys)
POFFYN A. (RUG)	Wielewaaistraat 18, 9229 Merelbeke(Dr.Sc)
POLAK A. (Landrè Intechmij)	Hazeldonk 21, 9168 Moerzeke (Ass)
POMA K.	Kerkelei 40, 2610 Wilrijk (Chim)
POSKIN M. (BN)	Av. Marie la Misérable 11, 1150 Bruxelles (Ir)
POTEMANS M. (EBES)	Dijlestraat 35, 2850 Keerbergen (Ir)
QUAEGHEBEUR L.	Dr. Van de Perrelei 37, 2200 Borgerhout (Dr)
RANSBOTYN J. (UCL)	Av. Vanden Thoren 30, 1160 Bruxelles (Ir)
RECHT P. (CEE)	Av. Winston Churchill 163, Bte 23, 1180 Bruxelles (Dr)
REGIBEAU A. (UCL)	Rue de l'Ornoy 15A, 5870 Mont St.Guibert (Ass)
ROGGEN G. (ULB)	Av. Jupiter 87, 1190 Bruxelles (Dr)
ROMBOUTS J. (KUL)	Fonteinstraat 50, 3031 Heverlee (Dr)
ROOSE J.	Ph. Devosstraat 19, 1710 Dilbeek (Ir)
ROOSEN J. (ULg)	Rue de Soie 107/001, 4000 Liège (Ass)
ROOSEMONT G.(Mevr.)(MSP)	Coosemansstraat 99/6, 3200 Leuven (Dr)
SCHONKEN P. (KUL)	Corbielaan 15, 3060 Bertem (Chim)
SCHOULEUR L. (MBLE)	Rue des Deux-Gares 80, 1070 Bruxelles(Dr)
SEGAERT O. (RUG)	Beukenlaan 46, 9820 St. Denijs-Westrem (Dr.Sc)
SEVRIN F. (Mme) (Hôpital Jolimont)	Pl. de la Résistance 1, 6588 Grand-Reng (Dr)

SELLESLAGH E. (Kerncentr.Doe1) Dennenlaan 42, 2758 Haasdonk (Ir)

SMONS A. (ULg) Parc du Bay Bonnet 5/31, 4620 Fléron
(Chim)

SMONS-MAUGUIS M.L. (Mme) (ULg) Parc du Bay Bonnet 5/31, 4620 Fléron
(Ass)

SPORCQ (RTB) Bd Reyers 52, 1040 Bruxelles (Dr)

STALLAERT P. (MET) Molenstraat 38, 9360 Buggenhout (Ir)

STIEVENART-GODEAU C. (Mme) Av. Armand Huysmans 206, Bte 10,
1050 Bruxelles (Dr.Sc)

STORMS H. (Mevr.) Glabbeekstraat 5, 3450 Geetbets (Dr)

SWYSEN M. (SMIB) Bd. A. Reyers 148, 1040 Bruxelles (Dr)

TASNIER A. (Union N.V.) Miksebaan 81, 2130 Brasschaat (Dr)

TESTE DU BAILLER A. (Min. Industrie France) 21 Chemin des Maignets,
F-78160 Marly-le-Roi, France
(Ir)

THIELEMANS Chr. Clos Ste-Anne 16, 1320 Genval (Dr)

THIELENS G. (RUG) Willem Tellstraat 19, 9000 Gent (Dr.Sc)

THYSSENS L. Maarschalk Gerardstraat 27,
2000 Antwerpen, (Ir)

TOUSSAINT G. Berkenlaan 7B, 2610 Wilrijk (Dr)

UYTTENHOVE J. (RUG) Soenenspark 32, 9820 Gent (Dr.Sc)

UZZAN G. (CEA France) C.E.A., B.P. n° 6,
F-92260 Fontenay-aux-Roses, France (Ir)

VAN CRAENENBROECK W. (AWW) Varenstraat 18, 2560 Rumst (Dr.Sc)

VAN DAM J. (St.Rafaël Leuven) Dienst Radiotherapie B, Acad.Ziekenhuis
St. Rafaël, 3000 Leuven, (Phys)

VAN DEN DAMME R. (Intercom-Electrobel) Pl. du Trône 1, 1000 Bruxelles(Ir)

VAN DEN EEDE R. Heidestraat 8, 2710 Hoboken (Dr)

VANDER STRICHT E. (CEE) Commission des Communautés européennes
Blg. Jean Monnet, Kirschberg, Luxembourg
Grand-Duché, (Chim)

VAN GIJSEL T. Vilstraat 50, 3511 Kuringen (Dr)

VAN GRIEKEN R. Universitaire Instelling Antwerpen,
Dept. Scheikunde, Universiteitsplein 1,
2610 Wilrijk (Dr.Sc)

VAN HOECK G. Rue du Seigneur 25, 1410 Waterloo (Ass)

VAN LABEKE O. (ITSE) Huismanstraat 21, 1550 Vollezele (Chim)

VAN MALDER M. (Controlatom) Brusselsesteenweg 346, 1881 Brussegem
(Ass)

VAN MEIRHAEGHE A. (RUG) Aalbessenlaan 21, 9030 Wondelgem (Dr)

VAN MULDER J. (Tractionel)	Av. P. et J. Carsoel 80, 1180 Bruxelles (Ir)
VAN OUYTSEL J. (MH)	Lichtaartseweg 193, 2410 Herentals(Chim)
VAN VOSSSEL A. (MET)	Brusselstraat 337, B 2, 1720 Groot- Bijgaarden (Dr)
VERHAMME E. (MH)	Metallurgie Hoboken, 2430 Olen (Dr)
VIJFEYCKEN J.	Chaussée de Boitsfort 122, 1170 1170 Bruxelles (Dr)
WAMBERSIE A. (UCL)	Rue A. Matton 30, 1302 Dion-Valmont(Dr)
WESPES J.P. (Electrobel)	Allée de la Fragne 6, 1400 Nivelles(Ir)
WILLE C.	Nieuwlandstraat 83, 8400 Oostende (Dr)
WINANT M. (Fabricom)	Av. du Globe 245, 1180 Bruxelles (Ass)
WULLAERT L.	Duivenplein 6, 8000 Brugge (Ing.ind)

ABREVIATIONS - AFKORTINGEN

AWW	Antwerpse Water Werken
BN	Belgonucléaire
Camira	Comité d'Application des Méthodes Isotopiques aux Recherches Agronomiques - c/o Institut Agronomique Gembloux
CEE	Communautés Européennes - Europese Gemeenschappen
CEN/SCK	Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire Studiecentrum voor Kernenergie
CoRaPro	Contrôle Radioprotection
EURO	Eurochemic
FBFC	Franco Belge de Fabrication de Combustibles
IRE	Institut National des Radioéléments Nationaal Instituut voor Radio-elementen
ITSE	Institut Supérieur de l'Etat pour les Sciences nucléaires appliquées - Hoger Rijksinstituut voor Kernenergiebedrijven
KUL	Katholieke Universiteit Leuven
MBLE	Manufacture Belge de Lampes et de Matériel Electronique
MDN	Ministère de la Défense Nationale - Ministerie van Landsverdediging
MET	Ministère de l'Emploi et du Travail - Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid
MH	Metallurgie Hoboken
MSP	Ministère de la Santé publique - Ministerie van Volksgezondheid

RUG	Rijksuniversiteit Gent
SNCB	Société nationale des Chemins de Fer Belges- NMBS Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen
UCL	Université Catholique de Louvain
ULB	Université Libre de Bruxelles
ULg	Université de l'Etat à Liège
IJM	Union Minière S.A.
VUB	Vrije Universiteit Brussel
Ass	Membre associé - Buitengewoon Lid
Agr	Diplôme en Agronomie - Diploma in Landbouwkunde
Chim	Diplôme en Chimie - Diplome in Scheikunde
Dr	Diplôme en Médecine - Diploma in Geneeskunde
Dr.Sc	Diplôme de Docteur en Sciences - Dokter in Wetenschappen
Ing.Com	Ingénieur commercial - Handelsingenieur
Ing.Ind	Ingénieur industriel - Industriële ingenieur
Ir	Ingénieur civil - Civiele ingenieur
Math	Diplôme en Mathématiques - Diploma in Wiskunde
Pharm	Pharmacien - Apotheker
Phys	Diplôme en Sciences Physiques - Diploma in de Natuurkunde
Vet	Diplôme en Sciences Vétérinaires - Diploma in Dierkunde