

ANNALEN
VAN
DE BELGISCHE VERENIGING
VOOR
STRALINGSBESCHERMING

VOL. 13, N° 4

4e trim. 1988

Driemaandelijkse
periodiek
1050 Brussel 5

Périodique
trimestriel
1050 Bruxelles 5

ANNALES
DE
L'ASSOCIATION BELGE
DE
RADIOPROTECTION

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES
Fazantendreef, 13
2850 Keerbergen

Rédacteur en chef

Redactiesecretariaat

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

Secrétaire de rédaction

Publikatie van teksten in de Annalen gebeurt onder volledige verantwoordelijkheid van de auteurs.

Nadruk, zelfs gedeeltelijk uit deze teksten, mag enkel met schriftelijk toestemming van de auteurs en van de Redactie.

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

Toute reproduction, même partielle, ne se fera qu'avec l'autorisation écrite des auteurs et de la Rédaction.

INHOUD

SOMMAIRE

- P. HUBLET

Modifications récentes dans la réglementation
concernant la radioprotection

263 - 276

- J. DELHOVE

Résumé des interventions du panel consacré le
12 juin 1987 aux modifications récentes de la
réglementation concernant la radioprotection

277 - 286

- J.R. MAISIN

Conséquences éventuelles de la dernière ré-évaluation
des doses de radiations reçues par les victimes d'
Hiroshima et de Nagasaki sur les normes en radio-
protection

287 - 318

**MODIFICATIONS RECENTES DANS LA REGLEMENTATION CONCERNANT
LA RADIOPROTECTION.**

Professeur P. HUBLET - Inspecteur général - Service de sécurité technique des installations nucléaires. Ministère de l'Emploi et du Travail.*

12 juin 1987

RESUME

L'Arrêté Royal du 16 janvier 1987 vise à adapter la réglementation belge aux dernières directives européennes portant modification des directives fixant les normes de base relatives à la protection de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

Il s'ensuit une importante extension des définitions, notamment de termes physiques et des notions d'exposition, l'adoption des unités SI, l'introduction du principe ALARA et le remplacement des CMA (concentrations maxima admissibles) par les ALI (annual limits intake) pour les radionuclides.

L'Arrêté Royal du 11 février 1987 concerne le rejet d'effluents radioactifs liquides et le rejet de substances radioactives dans l'atmosphère.

La concentration des rejets est exprimée en Bq/l., le principe ALARA est également d'application et on impose des "limites dérivées" à partir des "ALI" qui sont repris des publications de la C.I.P.R.

INTRODUCTION :

Le moniteur belge du 12 mars 1987 publie deux arrêtés royaux relatifs à des questions de radioprotection.

a) celui du 11 février 1987 modifiant l'arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes. Il concerne exclusivement le rejet d'effluents radioactifs liquides et le rejet de substances radioactives dans l'atmosphère.

b) celui du 16 janvier 1987 modifiant également le même arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes.

* Actuellement Directeur général à l'administration de l'hygiène et de la médecine du travail

Ils figurent dans le même moniteur pour la facilité des utilisateurs.

Dans le cadre de cet exposé, je parlerai essentiellement du deuxième arrêté précité qui comme son intitulé le précise, modifie l'arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes.

Ces deux arrêtés ont pour objet la mise en concordance de la réglementation belge avec les directives du Conseil des Communautés européennes ("Normes de base - Euratom").

Il convient donc, dans un souci de clarté de rappeler, en résumé, le contenu de ces directives :

- Directive du 15 juillet 1980. Journal officiel des Communautés Européennes du 17 septembre 1980. Elle modifie une directive antérieure : celle du 12 juillet 1976 (76/579/Euratom) en vue de tenir compte des recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique, la C.I.P.R. qui apparaît comme le guide incontesté à l'échelle mondiale dans le domaine de la radioprotection.

Les modifications de cette directive portent sur les points principaux suivants :

- les définitions des termes physiques, radiologiques et autres qui sont nombreuses. Je ne vais pas les commenter de manière systématique et exhaustive, mais je vais me borner à évoquer celles que j'estime être les plus importantes.

Le système des unités SI est adopté de sorte que l'on trouve la définition et l'usage des mots suivants :

le Becquerel (Bq) : nom spécial de l'unité SI d'activité.

L'activité est le nombre de transitions nucléaires spontanées qui se produisent dans une quantité d'un radionuclide par unité de temps.

1 Bq = 1 transition/s

Lorsque l'activité est exprimée en curies (Ci) on a :

1 Ci = $3,710^{10}$ Bq et 1 Bq = $2,702710^{-11}$ Ci

le Gray (Gy) : nom spécial de l'unité Si de dose absorbée :

1 Gy = 1 J/kg

Lorsque la dose absorbée est exprimée en rad (rd) on a :

1 rd = 0,01 Gy et 1 Gy = 100 rd.

le Sievert (Sv) : nom spécial de l'unité SI de l'équivalent de dose

1 Sv = 1 J/kg

Lorsque l'équivalent de dose est exprimé en rems: 1 rem = 0,01 Sv

1 Sv = 100 rems

- La notion "d'exposition" remplace celle d'irradiation jugée plus appropriée car elle se rapproche plus du but poursuivi en radioprotection qui est celui de l'évaluation du risque lié à l'ensemble des facteurs d'exposition (exposition interne, exposition externe, exposition totale, etc.).

- On définit l'expression "équivalent de dose" (H) comme étant le produit de la dose absorbée (D) par le facteur de qualité Q et par le produit de tous les autres facteurs modificatifs (N). Le Facteur de qualité Q remplace le coefficient d'efficacité biologique relative (E.B.R.) de portée plus restreinte. Ce facteur Q est de nature exclusivement physique car ce qui est pris en compte dans la mesure, c'est le transfert d'énergie linéique dans l'eau, celle-ci étant la composante essentielle de la matière vivante. Le facteur N sera précisé en fonction du développement des sciences biologiques

- Les limitations de doses : on a introduit dans les directives les concepts de la recommandation de l'I.C.R.P. n° 9 qui sont explicités dans la recommandation de l'I.C.R.P. n° 26 - Pour mémoire : il s'agit de la trilogie devenue classique :

- 1) la justification de l'utilisation des radiations ionisantes
- 2) l'optimisation
- 3) la limitation des doses individuelles.

Comme on le sait, l'optimisation consiste à maintenir toutes les expositions aux radiations ionisantes à un niveau aussi faible qu'il est raisonnablement possible : c'est le fameux principe de ALARA de l'I.C.R.P. (C.I.P.R. en français). Pour mémoire ALARA est le sigle en anglais de As low as reasonably achievable.

Signalons que par rapport à la directive antérieure (celle du 2 février 1959 - Journal officiel n° 11 du 20.02.1959), la classification des travailleurs exposés n'a pas varié, de sorte que les catégories de travailleurs A et B sont maintenues ainsi que la notion des zones contrôlées et surveillées avec l'utilisation de l'adjectif "susceptible" qui a été et est toujours la cause de nombreuses interprétations et commentaires.

RELEVONS ENCORE QUELQUES ASPECTS PARTICULIERS :

La "dose engagée" ("committed dose"), expression nouvelle empruntée à la C.I.P.R. est à considérer pour une période de 50 ans et elle concerne soit l'organisme entier, soit un organe ou un tissu donné par suite de l'incorporation d'un ou de plusieurs radionuclides.

Pour la surveillance médicale des travailleurs, la directive se réfère à la médecine du travail puisque l'article 32 de celle-ci débute par cette phrase : "La surveillance médicale des travailleurs exposés est fondée sur les principes qui régissent habituellement la médecine du travail". Comme auparavant le médecin du travail agréé se prononce sur l'aptitude du travailleur mais celui-ci en cas d'inaptitude ou d'aptitude sous conditions a le droit d'introduire un recours contre la décision du médecin (article 39 de la directive).

Remarquons que le recours figurait déjà dans la réglementation belge régissant l'exercice de la médecine du travail depuis 1965.

La limite de dose pour les personnes professionnellement exposées est

de 50 mSv par an au corps entier et pour les expositions partielles (rappelons nous que l'on ne parle plus d'irradiations) les limites de dose sont :

300 mSv/ an pour le cristallin

500 mSv/ an pour la peau

500 mSv/ an pour la main, l'avant-bras, le pied et la cheville.

- Disons à présent quelques mots de la directive du 3 septembre 1984 modifiant la directive 80/836/Euratom en ce qui concerne les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants (JO du 5 octobre 1984).

On y trouve une actualisation du classement en 4 classes des radionuclides, selon leur radiotoxicité, (annexe I de l'arrêté) et les limites d'incorporation annuelle par inhalation et par ingestion pour les travailleurs et pour les personnes adultes du public (annexe II de l'arrêté).

Il s'agit de ce que l'on appelle communément les "ALI" (annual limits intake) dont les valeurs font l'objet des publications 30 et suivantes de la C.I.P.R. Les "ALI" tiennent compte, pour l'incorporation de radionuclides dans l'organisme de facteurs de pondération par tissu ou organe de sorte que l'utilisateur des tableaux des "ALI" chargé d'estimer une dose voit sa tâche simplifiée puisque les calculs sont effectués. Les "ALI" remplacent en quelque sorte les C.M.A. (concentrations maxima admissibles) des radionuclides.

La directive Euratom du 3 septembre 1984 a en outre apporté une modification pour les expositions partielles : la limite de dose pour le cristallin est abaissée de moitié, elle passe ainsi à 150 mSv pour les personnes professionnellement exposées et à 15 mSv par an pour les personnes du public.

Le rappel du contenu des deux directives Euratom étant fait, intéressons nous à

- l'arrêté royal du 16 janvier 1987 modifiant l'arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes.

Cet arrêté a été élaboré en suivant la même procédure que celle adoptée pour l'arrêté royal du 28 février 1963 qu'il modifie, c'est-à-dire que le Conseil Supérieur de Sécurité, d'Hygiène et d'Embellissement des lieux de travail a été consulté (pour rappel cet organe consultatif composé paritairement de représentants d'organisations d'employeurs et de travailleurs dépend du Ministère de l'Emploi et du Travail) ainsi que le Conseil Supérieur d'Hygiène qui est une instance d'avis qui siège auprès du Ministère de la Santé publique et de l'Environnement.

On a gardé la même présentation de l'arrêté.

Il ne s'agit donc pas d'une refonte totale de la réglementation dont la structure reste la même. C'est ainsi que l'on trouve la formulation suivante : "article n° ; l'article n°.... de l'arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes est remplacé par la disposition suivante :.....". Cette pratique permet aisément de réaliser un texte coordonné des dispositions réglementaires et présente une grande facilité d'usage pour ceux qui doivent souvent les consulter, ce qui est le but recherché.

*

*

*

Abordons à présent le contenu de cet arrêté royal du 16 janvier 1987

Les définitions des grandeurs physiques

Elles sont intégralement reprises des directives européennes dont je viens de faire un commentaire succinct. Elles figurent à l'article 2 de l'arrêté royal.

Le classement des établissements (article 3).

Comme on le sait, pour les radionuclides le classement des établissements qui en détiennent repose sur deux considérations, à savoir : la quantité de radionuclides et leur radiotoxicité. Des modifications

dans le classement de la radiotoxicité de ceux-ci peuvent entraîner des modifications de classe. Par exemple, l'iode-125 qu'il avait fallu mettre par convention dans la catégorie la plus élevée de radiotoxicité, la catégorie A, puisqu'il ne figurait pas dans le classement de l'arrêté royal du 28 février 1963, vient d'être introduit dans la catégorie B.

Le Césium - 137 classé dans la catégorie B (= toxicité élevée) passe en catégorie C (= toxicité modérée).

En ce qui concerne les générateurs de RX classés en classe 2 et 3, le seul critère retenu d'appartenance à la classe considérée est la tension de crête (qui n'a pas été modifiée et qui reste de 200 kV) alors qu'auparavant existait en plus le critère d'appareil transportable ou non transportable. Cette distinction n'a donc plus été estimée justifiée.

Relevons que la liste des radionuclides s'est considérablement accrue (ajout d'une centaine de radionuclides). Ce fait tient compte évidemment de la fabrication et de la commercialisation de ces radionuclides pour des activités industrielles, de recherche ou d'usage dans la médecine nucléaire notamment.

Signalons encore que les limites supérieures d'activité autorisées pour les différentes classes de radionuclides ont été légèrement relevées car pour la facilité des calculs on a arrondi la valeur 3,7 à 5 sachant que $1 \text{ Ci} = 3,710^{10} \text{ Bq}$. Ainsi une limite supérieure de 3,7 MBq est remplacée par la limite 5 MBq. Le tableau en annexe illustre cette modification. Pour le régime d'autorisation des établissements de classe I, la procédure n'a pas été modifiée.

En ce qui concerne les établissements de classe II, l'avis de la Commission spéciale est requis, dans certains cas, ce qui est nouveau puisque cette dernière n'intervenait que pour les établissements de classe I. Il s'agit en fait d'établissements s'occupant de la collecte, du traitement, du conditionnement et du stockage des déchets radioactifs. (Le comité consultatif provincial doit donc, dans ces cas, solliciter l'avis de la Commission spéciale).

Les limites de dose : articles 20 et 21 :

La formule de base pour la dose cumulée exprimée en rems $D = 5(N-18)$ (où N représente l'âge en années) est supprimée car la notion même de dose cumulée est abandonnée puisque pour les travailleurs la dose annuelle de 5 rems, c'est à dire de 50 mSv constitue une limite à ne pas dépasser.

La notion des 3 rems/13 semaines a disparu.

A signaler une innovation (article 20) :

Pour l'exposition annuelle : il ne s'agit plus d'une année calendrier, que nos amis italiens appellent une année solaire mais de "12 mois consécutifs glissants", expression moins poétique mais susceptible dans son application pratique de générer des difficultés.

Cette disposition que d'aucuns trouvent hardie a le mérite de mieux tenir compte, pour les doses reçues par les travailleurs, des effets biologiques et a été réalisable grâce à l'informatisation des données relatives aux doses reçues.

(ceci est valable également pour les doses dues aux irradiations partielles).

Les rapports dose travailleur/dose population sont conservés = 1/10ème de 50 mSv soit 5 mSv.

Pour les femmes enceintes (l'article 20.1.3.) le texte de l'arrêté royal est plus sévère que celui de la directive.

20.1.3 "Aucune personne de moins de 18 ans révolus ne peut être affectée à un poste de travail qui ferait d'elle une personne professionnellement exposée. De même aucune femme enceinte, à partir de la déclaration de grossesse, et aucune femme en période d'allaitement ne peut être affectée à un poste de travail qui ferait d'elle une personne professionnellement exposée.

Pour le contrôle physique (article 20.1.10c) la détermination des doses individuelles se fait en concertation avec le médecin agréé chargé de la surveillance des doses individuelles et des contaminations radioactives des personnes, ayant entraîné des mesures de décontamination avec intervention médicale.

Cette disposition a pour objet évident de renforcer la collaboration

indispensable entre le service de contrôle physique et le service médical du travail.

Le contrôle physique est chargé d'une mission supplémentaire qui dans la pratique était déjà assurée mais qu'il a été jugé opportun d'imposer par voie réglementaire, il s'agit de la détermination des circonstances dans lesquelles les expositions accidentelles se sont produites - article 23.1.10bis.

Pour le contrôle médical, les médecins agréés chargés de la surveillance médicale évaluent et interprètent les doses et les contaminations reprises à l'article 20.1.10c que je viens de citer ; cette évaluation se fait en collaboration avec le service de contrôle physique de l'établissement. La motivation est la même que celle que je viens de donner : à savoir renforcer la collaboration entre le contrôle physique et le contrôle médical.

L'information des travailleurs, apprentis et étudiants a été renforcée (cf. article 25 nouveau).

En matière de moyens de protection il est précisé, comme dans la sécurité que l'on qualifie de classique par rapport à la sécurité nucléaire, de faire appel pour celle-ci également à des moyens de protection collectifs plutôt que de faire appel à des équipements de protection individuels (article 27.5°).

Pour la mesure des doses (article 15) comme dans l'article (30.6) de l'ancien règlement, il est question des personnes devant porter des dosimètres et de l'agrément des dosimètres par le Ministre de l'Emploi et du Travail.

Les modifications apportées à cet article consistent en deux choses importantes :

- la première est relative aux travailleurs et leur donne "l'accès aux résultats des mesures les concernant ..." les dispositions sont prises pour que chaque travailleur ait accès aux résultats des mesures le concernant".

- la seconde est relative à l'agrération des dosimètres et précise s'il en était besoin qu'il s'agit de dosimètres personnels et qu'ils font l'objet d'une agrération préalable par le Ministre de l'Emploi et du Travail.

Il en est de même du système de lecture de ces dosimètres.

De plus, l'acte d'agrération fixe le domaine d'utilisation des dosimètres ce qui était déjà prévu mais on a ajouté que l'acte d'agrération fixe en outre la durée de validité d'agrération du dosimètre.

LES SYMBOLE ET MENTION DE LA RADIOTOXICITE

L'article 31 a été profondément remanié et des précisions y ont été apportées.

Le symbole de la radioactivité reste le trèfle mais il est à présent de couleur noire sur fond jaune (auparavant magenta sur fond jaune) car il est à considérer comme un signal d'avertissement et comme tel, il figure dans la réglementation de la signalisation de sécurité qui est exposée à l'article 54quinquies du R.G.P.T. (Règlement général pour la protection du travail). Comme on le sait, cette signalisation combine la forme, la couleur du fond du signal et un symbole approprié pour donner une signification particulière. La forme du signal est le triangle puisque cette figure géométrique représente l'avertissement, la couleur du fond est le jaune puisque la couleur jaune est associée à l'avertissement et le symbole lui-même est et reste le trèfle.

Enfin, on a procédé à ce que dans le jargon administratif on appelle "la toilette de l'ancien texte". Cela a consisté par exemple à introduire aux endroits appropriés et en fonction de leurs compétences respectives les deux nouveaux services spécialisés à savoir :

- le Service de protection contre les radiations ionisantes du Ministère de la Santé publique et de l'Environnement.
- le Service de sécurité technique des installations nucléaires du Ministère de l'Emploi et du Travail.

- Arrêté royal du 11 février 1987 modifiant l'Arrêté royal du 28 février 1963 portant règlement général de la protection de la population et des travailleurs contre le danger des radiations ionisantes. Cet arrêté concerne, comme je l'ai dit dans l'introduction, le rejet des déchets radioactifs.

La concentration de ceux-ci est exprimée en Becquerels par litre (Bq/l) et elle se rapporte aux limites annuelles d'incorporation (les "ALI") par ingestion pour les personnes adultes du public alors qu'auparavant, (Arrêté royal du 28 février 1963) on se référait aux "CMA", (les concentrations maxima admissibles).

A partir des "ALI", on fixe des limites dérivées pour la concentration de radionuclides dans l'air (la concentration volumique pour l'homme standard est définie par la publication n°30 de la C.I.P.R.). Pour mémoire l'homme standard travaille 2.000 heures par an et a un débit respiratoire au travail de 1,2 m³ par heure.

Par ailleurs, on définit les limites de rejets des déchets radioactifs liquides en appliquant un facteur de correction sur la limite d'incorporation annuelle, par ingestion pour les personnes adultes du public. Ces limites sont applicables pour les eaux de surface, les égouts et les collecteurs souterrains.

Il convient de rappeler que pour les installations nucléaires (dont les centrales électro-nucléaires) les limites de rejets autorisés dans l'air et dans les effluents s'inscrivent dans ce cadre général et sont spécifiées dans les arrêtés royaux d'autorisation.

Par ailleurs, pour les rejets, le principe "ALARA" de l'I.C.R.P. est d'application (cf. article 6 de cet arrêté royal) :

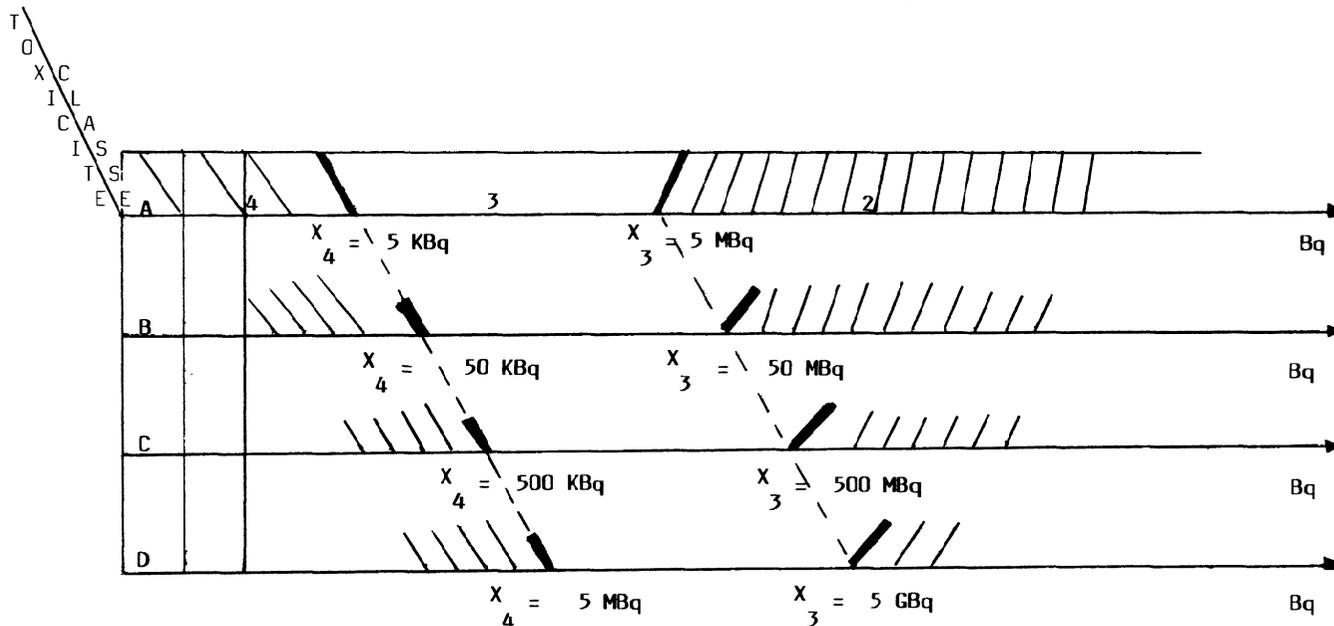
"36.3 L'activité totale des radionuclides rejetés dans l'atmosphère sera maintenue à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible".

EN CONCLUSION

D'autres modifications de la réglementation sont déjà envisagées pour tenir compte des enseignements de la catastrophe de Tchernobyl de 1986. Je songe à titre d'exemple à l'introduction du centre gouvernemental de crise et de coordination du Ministère de l'Intérieur et à d'autres dispositions qui seront élaborées en vue de tenir compte des améliorations qui seront apportées aux plans d'urgence des installations nucléaires.

LIMITE DE L'ACTIVITE DES RADIONUCLIDES DANS LES ETABLISSEMENTS

Arrêté royal du 16.1.87 modifiant l'arrêté royal du 28.2.63



- Remarques :
- La classe 4 n'est pas bornée inférieurement tandis que la classe 2 n'est pas bornée supérieurement.
 - Les limites X₄, X₂ appartiennent respectivement aux classes 4 et 2.
 - Pour les sources scellées de la classe 3 les limites sont majorées d'un facteur 100.
 - Pour les sources scellées de la classe 4, les limites sont majorées avec la restriction que le débit de dose à 0,1 m de la surface de l'appareil contenant la source soit inférieur à 1 μSv/h.

ABSTRACT

The Royal Decree of January 16th, 1987 aims at adapting Belgian regulations to the latest european guidelines which modify the guidelines fixing the basic standards as regards the protection of the population and of workers against dangers coming from the ionizing radiations.

That results in a great extension of definitions, in particular terms of physics and notions of exposure, adoption of the SI units, introduction of the ALARA principle and replacement of MPC (maximum permissible concentrations) by ALI (annual limits intake) for radionuclides.

The Royal Decree of February 16th, 1987 is about the discharge of liquid radioactive emanations and the discharge of radioactive products in the air.

The concentration of the discharges is expressed in Bq/l, the ALARA principle is also applied and "derived limits" are imposed from "ALI" which are picked up from the ICRP publications.

SAMENVATTING

Het koninklijk besluit van 16 januari 1987 heeft tot doel de Belgische reglementering in overeenstemming te brengen met de jongste Europese richtlijnen tot wijziging van de richtlijnen tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid van de bevolking en van de werknemers tegen de aan ioniserende stralingen verbonden gevaren.

Het brengt een aanmerkelijke uitbreiding van de definities met zich, inzonderheid van de fysische termen en van de blootstellingsnoties, de aanneming van de eenheden SI, de invoeging van het ALARA-principe en de vervanging van de TMC (toelaatbare maximumconcentraties) door de ALI (annual limits intake voor de radionucliden).

Het koninklijk besluit van 11 februari 1987 betreft het lozen van radioactieve afval en het lozen van radioactieve stoffen in de atmosfeer.

De concentratie van de lozingen wordt uitgedrukt in Bq/l ; het ALARA-principe wordt eveneens toegepast en men legt "afgeleide limieten" vast op basis van de "ALI" ontleend aan de publicaties van de Internationale Commissie inzake radiologische bescherming.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 13, n° 4 (1988)

RESUME DES INTERVENTIONS DU PANEL CONSACRE LE 12 JUIN 1987
AUX MODIFICATIONS RECENTES DE LA REGLEMENTATION.

J. DELHOVE - coordinateur

Le texte reprend les exposés introductifs de MM Fieuw et Delhove ainsi que les interventions des participants du panel :

Docteurs de Thibault de Boesinghe
Hublet
Messieurs Baeckalandt
Debauche
Delhove
Fieuw
Garsou
Schonken

Les réponses ont été regroupées dans la mesure du possible par sujet tout en conservant la langue dans laquelle elles ont été exprimées.

Les avis exprimés ont un caractère informatif et n'engagent ni leur auteur, ni l'association, ni les autorités compétentes.

Les participants sont conscients que certains problèmes restent posés et devront être précisés par l'autorité compétente.

L'association pourrait en cette matière jouer un rôle actif et adresser à l'autorité compétente les demandes d'informations complémentaires.

I.- Bepalingen

In art. 2 van het K.B. van 16.01.87 werden tal van nieuwe of gewijzigde bepalingen opgenomen. Deze nieuwe bepalingen kunnen wijzigingen in de tot nog toe genomen akties of gevolgde procedures voor het beperken of het evalueren van de doses tot gevolg hebben.

De aanpassingen en wijzigingen zijn hoofdzakelijk het gevolg van de door de ICRP in haar publikatie 26 in 1976 gevolgde benadering inzake radioprotektie en dosislimitering. Alhoewel de richtlijn van de Europese Gemeenschappen tot vaststelling van de basisnormen strikt gevolgd werd bij het aanpassen van de reglementering op de bescherming tegen ioniserende stralingen kunnen enkele afwijkingen t.o.v. bepalingen die voorkomen in de Europese Richtlijnen worden vastgesteld.

Hierbij trekken we de aandacht op enkele dezer punten.

1. Radioactieve stoffen : (K.B. van 16.01.87)

"Stoffen die samengesteld zijn uit een willekeurig bestanddeel dat ioniserende straling uitzendt of een dergelijk bestanddeel bevat."

Radioactieve stof : (Basisnorm - E.G.)

"Iedere stof, die één of meer radionucliden bevat waarvan de activiteit of de concentraten om redenen van stralingsbescherming niet mag worden verwaarloosd."

Men kan echter vaststellen dat de bepaling zoals voorzien door de E.G. in art. 31 "Waarschuwingstekens, symbolen en vermeldingen" werd hernomen.

2. Te verwachten dosis (K.B. van 16.01.87)

"Dosis die zal worden ontvangen in 50 jaar op het niveau van het gehele lichaam, van een orgaan of van een weefsel ten gevolge van de opname van één of meerdere radionucliden."

3. Limietdosis (K.B. van 16.01.87)

"Limieten in dit reglement vastgesteld voor de doses ten gevolge van de blootstelling van beroepshalve blootgestelde personen, leerlingen en studenten en personen van het publiek, waarbij geen rekening wordt gehouden met de doses ten gevolge van natuurlijke straling en blootstelling van deze individuen ten gevolge van medische onderzoeken en medische behandelingen die ze ondergaan. Onder limietdoses wordt verstaan de som van de dosis die is ontvangen bij uitwendige blootstelling gedurende de desbetreffende periode en de te verwachten dosis tengevolge van de opname van radionucliden gedurende dezelfde periode."

Men stelt dus vast dat de "te verwachten dosis" ingevolge inwendige blootstelling dient toegevoegd aan de dosis door uitwendige blootstelling in de periode van opening. De aldus bekomen dosis bevat dus een gedeelte die in werkelijkheid slechts in de toekomst zal ontvangen worden.

4. Gekontroleerde zones (K.B. van 16.01.87)

"Zone die, om redenen van bescherming tegen ioniserende straling, aan een reglementering is onderworpen en waarvan de toegang gereguleerd is. Elke zone waar drie tienden van de jaarlijkse limietdoses voor beroepshalve blootgestelde personen kunnen overschreden worden moet een gekontroleerde zone vormen of erin opgenomen zijn."

Gekontroleerde zone (K.B. van 28.02.83)

"Ruimten waar een ioniserende stralingsbron is staat is een individuele dosis te ontwikkelen hoger dan 1,5 rem per jaar."

5. Blootstelling in noodgeval (K.B. van 16.01.87)

"Blootstelling die in abnormale omstandigheden gerechtvaardigd is om hulp te verlenen aan personen in gevaar of blootstelling van een groot aantal personen te voorkomen en waarbij een van de voor de beroepshalve blootgestelde personen vastgestelde limietdosis wordt overschreden. Ook de voor bewust aanvaarde uitzonderlijke blootstelling vastgestelde limietdoses kunnen worden overschreden. Alleen vrijwilligers mogen aan een dergelijke blootstelling worden onderworpen."

De bepaling van blootstelling in noodgeval, en bijgevolg de expliciete toelating van de limieten toegestaan bij bewust aanvaarde uitzonderlijke blootstelling te overschrijden kwam in de vroegere reglementering niet voor. Er kan worden vastgesteld dat de basisnormen van de E.G. daarenboven voorzien dat een blootstelling in noodgeval kan gerechtvaardigd zijn om een waardevolle installatie te redden.

II.- Normen en controle van het personeel

De limietdosis voor beroepshalve blootgestelde personen is vastgesteld op 50 mSv per 12 glijdende opeenvolgende maanden. De organisatie van de controle van het personeel, o.a. de periodiciteit waarmee dosismeters ter beschikking gesteld worden van het personeel, dient met deze limitering rekening te houden. De reglementering schrijft echter niet voor volgens welke modaliteit de "boekhouding" van ontvangen doses dient bijgehouden. Precisering terzake zijn te vinden in het A.R.A.B. dat in de nabije toekomst met de in het K.B. van 16.01.87 genomen schikkingen ter bepaling van de doses zal dienen rekening te houden.

Men dient er tevens de nadruk op te leggen dat elke blootstelling zo laag moet worden gehouden als redelijkerwijze mogelijk is. Het toedienen van de limietdosis ineens, alhoewel niet expliciet verboden, is meestal niet verenigbaar met de principes van de radioprotectie.

Tot nog toe vindt men in de reglementering geen aanduidingen of richtlijnen i.v.m. de minimum niveaus die aanleiding geven tot registratie van doses. De reglementering vermeldt afgeleide limieten die overeenkomstig beschreven modaliteiten kunnen gebruikt worden om de naleving van de limietdoses, zowel ten gevolge van uitwendige blootstelling als van inwendige blootstelling, te waarborgen. De reglementering voorziet echter ook dat andere methodes gebruikt kunnen worden.

Het dragen van een individuele erkende dosismeter is opgelegd voor beroepshalve blootgestelde personen van categorie A, voor andere categorieën kan eventueel een kollektieve dosisbepaling worden aangewend.

De rol van samenwerking tussen de diensten voor Fysische Controle en de Arbeidsgeneeskundige Dienst werd meer expliciet dan vroeger onderlijnd, dit komt tot uiting o.a. bij de voorwaarden waaraan dient voldaan te worden vooraleer een bewust aanvaarde uitzonderlijke blootstelling te ondergaan en het overleg dat dient gepleegd bij het bepalen van individuele doses en radioactieve besmetting van personen.

Personnel professionnellement exposé

Les nouvelles définitions concernant les personnes professionnellement exposées ne modifient pas sensiblement les dispositions actuelles. Ce point de vue n'est cependant pas partagé par tous les participants. Comme par le passé, un grand nombre de personnes ne reçoivent pratiquement pas de dose ou, en tous cas, inférieures à 5 000 uSv par an. Ceci n'exclut aucunement que la nature de leur travail les rend susceptibles de recevoir, dans le cadre de leur activité (par distraction, négligence, mauvais fonctionnement d'un dispositif, etc.), une dose supérieure à cette limite et qu'ils doivent être repris comme personnel professionnellement exposé.

En particulier, les dispositions de l'article 54.4.a. :

"L'appareil est muni des dispositifs de protection efficace et disposé de telle manière qu'aucune des personnes qui y travaillent ou y séjournent ne puisse recevoir une dose atteignant 0,1 millisievert par semaine."

ne dispenseraient pas de considérer l'assistante médicale comme personne professionnellement exposée.

Classification des établissements

- La réglementation est fondée sur un régime d'autorisation et en particulier, sur un régime d'autorisation des établissements classés.
- Cette présentation met l'accent sur la partie la plus visible - les établissements - et risque de faire passer au second plan les autres activités : sous-traitance, entreprises de service, fournisseurs, etc. qui exposent du personnel.
- La classification des établissements est basée sur l'activité de la source plus que sur le risque réel lié à l'utilisation, à quelques exceptions près (par ex. : sources scellées ou non).
- La classification complète celle de l'A.R. du 28 février 1963. On voit apparaître quelques rubriques supplémentaires :
 - traitement des déchets,
 - production d'isotopes à partir de matières fissiles irradiées,
 - appareils produisant des rayonnements.

Cette classification par destination pourrait par ailleurs entraîner une ambiguïté par rapport à la règle générale : classement par activité.

Par exemple, l'article 3.1.b.2. s'applique à un producteur d'isotopes. Le règlement a-t-il voulu fixer définitivement ce genre d'établissement en classe II et non en classe I et cela, quelles que soient les quantités de matières fissiles détenues !

Un générateur X de 1,5 kV est-il encore rangé en classe III ?

Le règlement ne fixe pas un seuil de tension minimum pour les générateurs X. L'article 3.1.d.2.a) précise la notion de source scellée :

"Être construit sous forme de source scellée assure une protection efficace contre tout contact avec les substances radioactives et contre toute fuite de celles-ci". en redondance avec la définition de source scellée reprise à l'art.2.

Il est également regrettable de trouver deux critères différents pour le rayonnement de fuite pour les appareils agréés en classe IV : 1 uSv/h à 10 cm (règle générale) et pour les tubes cathodiques : 5 uSv/h à 5 cm.

La première valeur est pratiquement non mesurable.

La nouvelle réglementation s'étend aux appareils qui émettent des rayonnements X parasites tels que les microscopes électroniques, les tubes cathodiques, etc.

Ces appareils sont repris en classe IV pour autant qu'ils respectent les limites précisées par le règlement.

Lorsque ces appareils dépassent les valeurs indiquées, l'A.R. ne précise pas s'ils doivent être classés en classe III ou si les appareils doivent être interdits.

La nouvelle classification pourrait entraîner des changements de classe. Par exemple : appareil à rayons X de plus de 200 kV passant de classe III en classe II.

Ces modifications devront entraîner une procédure administrative adaptée à chaque circonstance.

Classification des isotopes selon leur radiotoxicité

En ce qui concerne le classement des radionuclides d'après leur radiotoxicité relative, les radionuclides non classés sont considérés comme appartenant à la catégorie de radiotoxicité la plus élevée, mais - ce qui est nouveau - le Ministre qui a l'environnement dans ses attributions et le Ministre qui a l'emploi et le travail dans ses attributions peuvent les classer dans une autre catégorie; ce qui pourrait être le cas de ^{150}Eu et ^{137}Cs émetteurs β^+ de faible période comme ^{11}C classé en radiotoxicité faible D (art. 4.2.).

Une procédure pour officialiser leur classement en radioactivité D devant être entreprise.

Surveillance des installations - Contrôle du personnel

Bewakte zone :

De bewakte zone bevindt zich rond de omtrek van een gecontroleerde zone en over het algemeen rondom iedere radioactieve bron. De reglementering voorziet niet expliciet dat deze zone zou aangeduid zijn. Zij voorziet ook niet dat deze zone fysisch zou afgebakend zijn. Nochtans, daar deze zone het onderwerp moet uitmaken van een toezicht door de dienst fysieke controle zal zij administratief bepaald en bekend moeten zijn.

Beroepshalve blootgestelde personen van reeks B :

De wetgeving zoals van toepassing sinds 1963 legt niet uitdrukkelijk het dragen van een dosimeter op voor de beroepshalve blootgestelde personen van categorie B. De dosis mogen eventueel door een omgevingsdosimeter bepaald worden. Deze doses moeten medegedeeld worden aan het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid zoals voor de beroepshalve blootgestelde werknemers van categorie A. Voor praktische redenen zal het meermaals nuttig zijn, zoniet onontbeerlijk om door deze personen een dosimeter te laten dragen. Het zou het geval zijn als het administratief te moeilijk en te zwaar zou zijn om de juiste ontvangen dosis te bepalen door een berekening van de verblijftijd en de individuele activiteit van de personen die in de bewaakte zone verblijven.

Mesure des neutrons :

La mesure des neutrons rapides semble oubliée par la réglementation.
La mesure des neutrons lents est prévue à l'article 30.8.

Tableau d'irradiation :

Le nouveau tableau d'irradiation doit être tel que les nouvelles unités y soient introduites ainsi que les notions de mois consécutifs glissants et que la formule de base $D = 5(N - 18)$ n'y figure plus. Les modifications seront apportées dans le R.G.P.T., notamment à l'article 135 afin d'actualiser les dispositions concernant le tableau d'irradiation.

Il n'est pas prévu d'imposer un carnet de radioprotection. Cette idée avait été lancée il y a quelques années dans certains milieux internationaux. Au niveau européen, il n'existe pas à ce jour de directive sur le sujet.

Optimisation des doses et analyse coût-bénéfice :

Il ressort des discussions qui ont eu lieu au cours de colloques ayant pour objet de discuter du concept ALARA, provenant de la publication I.C.R.P. n°9 et surtout I.C.R.P. n°26 que l'étude coût-bénéfice est du ressort de l'exploitant et du maître d'oeuvre de l'installation nucléaire. Compte tenu de l'explication qui vient d'être donnée, il paraît inopportun de fixer le coût d'un "homme-Sievert" dans une réglementation particulière.

Lozings van radioactieve afvalfen door niet geklasseerde inrichtingen :

De installaties die niet behoren tot de geklasseerde inrichtingen voor ioniserende stralingen en die lozings uitvoeren, waaronder lozings van radioactieve aard, zijn onderworpen aan een vergunning toegekend door het betrokken gewest.

Surveillance médicale du personnel - Information

Quelle est la définition PRATIQUE de la femme en état de procréer ?

Toute femme doit être considérée comme en état de procréer pour autant qu'elle n'ait pas atteint la ménopause ou qu'elle n'ait pas subi d'interventions stérilisantes.

La dose à l'abdomen doit être considérée comme la dose aux organes du petit bassin. Les organes du petit bassin n'étant pas nécessairement les gonades.

Zwangere vrouwen in de radiologie ?

Het potentieel gevaar blijft bestaan dat deze vrouwen een hogere dosis zouden kunnen ontvangen. Dus niet toegelaten.

Studenten leerlingen

Dezelfde onderzoeken gelden als voor de beroepshalve blootgestelden. Logischerwijze zou de schoolarts dit onderzoek moeten doen. In die gevallen waar hij geen erkenning heeft voor radioprotectie, moet dit gebeuren door een bevoegd erkend geneesheer.

Information du personnel :

L'information du personnel constitue une obligation de l'employeur, quelque soit d'ailleurs le risque professionnel (cf. R.G.P.T. politique de prévention - article 54 quater 5.1.).

Dans le cas particulier des radiations ionisantes, il en est de même. Pour les sites nucléaires, le personnel n'est pas exposé au risque de la même manière de sorte que l'information est modulée en fonction du risque réel.

Cette donnée aux employés de bureau étant différente et plus succincte que celle à donner aux travailleurs à l'intérieur de l'enceinte d'un réacteur nucléaire.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, vol. 13, n° 4 (1988)

Conséquences éventuelles de la dernière ré-évaluation des doses de radiations reçues par les victimes d'Hiroshima et de Nagasaki sur les normes en radioprotection.

Par la Professeur J.R. MAISIN

9 décembre 1988

Unité de Radiobiologie et de Radioprotection
U.C.L. 54.69
B-1200 Bruxelles

Résumé

Après une courte introduction, l'auteur développe successivement les points suivants : rappel historique ; la ré-évaluation dosimétrique de 1986 (les études relatives aux expositions aux radiations ; l'estimation de la dose aux organes ; l'estimation des incertitudes ; les conséquences de la ré-évaluation dosimétrique de 1986 sur l'évaluation des effets biologiques observés antérieurement : aberrations chromosomiques, retard mental, et incidence des cancers ; l'influence d'autres facteurs (tels que les données relatives aux 3 nouvelles cohortes de personnes décédées, les type de modèles doses-effets utilisés, etc) sur l'incidence des cancers observés à Hiroshima et à Nagasaki. L'auteur résume ensuite les données parues dans les rapport de l'UNSCEAR à l'Assemblée Générale des Nations-Unies publié en 1988, et tire des conclusions générales.

1. INTRODUCTION

Les données relatives à la radiocarcinogénèse chez l'homme, qui est le risque le plus important à long terme d'une exposition aux radiations ionisantes, proviennent des six grandes sources de données suivantes :

1. Exposition de longue durée à des doses de rayonnements intermédiaires à fortes (0.2 - 10 Gy)

Peintres de cadrans luminescents, les radiologues et techniciens de radiologie, etc...

2. Exposition de longue durée à des faibles doses de rayonnement (inférieur à 0.2 Gy)

Irradiations médicales, expositions au radon, etc...

3. Exposition à de fortes doses à des fins thérapeutiques

(radiothérapie pour cause de cancer ou de spondilite ankylosante, etc...)

4. Exposition à des faibles doses à des fins diagnostiques

(radiodiagnostic, etc...)

5. Cohortes exposées spéciales

(Hiroshima, Nagasaki, etc...)

6. Expositions accidentelles aigües diverses

A L'heure actuelle, plus de 230 cas ont été décrits dans la littérature.

Parmi ces six sources de données, ce sont celles relatives aux survivants des explosions atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, qui sont et continueront presque certainement, à être la source d'information la plus importante.

Combien d'individus sont concernés par cette étude?

L'évaluation dosimétrique de 1965 porte sur 91.228 individus et celle de 1986 touche actuellement 75.991 personnes, dont environ 16.000 se trouvaient à 1.600 mètres ou moins de l'hypocentre à Hiroshima et à 2.000 mètres ou moins, de l'hypocentre à Nagasaki. Le reste, 59.784 personnes, se trouvait à des distances plus éloignées. Les doses reçues par environ 16.000 personnes n'ont pas encore été recalculées au cours de la dosimétrie de 1986.

2. RAPPEL HISTORIQUE

C'est en 1950 que Robert Wilson, a tâché d'estimer, pour la première fois, les doses de radiations reçues par les habitants d'Hiroshima et de Nagasaki. Bien qu'à cette époque la dosimétrie des neutrons n'était encore qu'à ses débuts, cela n'a pas empêché Wilson d'affirmer qu'à Hiroshima la dose due aux neutrons était très importante et peut-être prépondérante pour les individus qui se trouvaient proches de l'hypocentre. A Nagasaki, par contre, R. Wilson, a estimé que la plus grande partie de la dose reçue par la population était due aux rayons gamma. La dosimétrie de 1950 a été révisée officiellement à trois reprises, c'est-à-dire en 1957, 1965 et 1986.

Pourquoi la dernière révision de 1986?

En 1976 le "National Council on Radiation Protection and Measurement" (NCRP) entame une étude sur l'estimation des risques d'induction des cancers par les neutrons. Les données relatives à Hiroshima et à Nagasaki étaient les seules dont ils disposaient. Il apparut rapidement qu'il était nécessaire de faire une ré-évaluation fondamentale de la dosimétrie d'Hiroshima et de Nagasaki de 1965.

Afin d'augmenter l'efficacité des études en cours, au Japon et aux Etats-Unis, il fut décidé de créer la "Radiation Effects Research Fondation" (RERF). En juin 1986, cette fondation publia les résultats de ses travaux, en deux volumes.

3. Ré-évaluation de la dosimétrie de 1986

Je ne compte pas m'étendre sur les techniques utilisées et les mesures effectuées lors de la ré-évaluation de la dosimétrie de 1986, mais j'estime néanmoins nécessaire, de vous rappeler quelques éléments essentiels.

On peut subdiviser la ré-évaluation de la dosimétrie de 1986 en trois parties importantes :

3.1 - les études relatives aux expositions aux radiations

Celles-ci comprennent notamment : la détermination de la puissance des deux bombes; le transport des radiations dans l'air; la mesure de la dose due aux rayons gamma et aux neutrons; l'estimation de la dose due aux retombées et à la radioactivité induite, etc...

3.2. L'estimation de la dose aux organes

Celle-ci comprend notamment une évaluation de la protection par les maisons; l'influence du terrain; l'atténuation de la dose dans les différentes parties du corps, etc...

3.3. L'estimation des incertitudes.

Les responsables comptent publier prochainement un rapport complet sur ce problème.

Voyons maintenant quelques-uns de ces points plus en détail.

3. Les études relatives aux expositions aux radiations

3.1. La puissance des 2 bombes

Les calculs réalisés en 1986 ont ramené la puissance de la bombe, à Nagasaki, de 22 ± 2 kt à $+ 21 \pm 2$ kt, et celle d'Hiroshima, de 12.5 ± 2.5 kt à 15 ± 3 kt.

3.2. Spectre des deux sources

Lors de la dosimétrie de 1986, les experts ont réalisé des tests complémentaires, dont entre autres, de nombreux essais radiochimiques ainsi que des mesures des rayonnements par dosimétrie thermoluminescente et des tests par activation du soufre.

La dose totale de radiations reçue par les habitants des deux villes est égale à la somme de deux composantes : une composante initiale et une composante tardive. La composante initiale des neutrons et

des rayons gamma dépend notamment des matériaux qui ont été utilisés pour fabriquer la bombe. Pour la bombe de Nagasaki, ceux-ci contenaient beaucoup d'hydrogène tandis que la bombe d'Hiroshima contenait beaucoup d'acier, d'où la grande différence du spectre des deux bombes.

3.3. Influence du transport dans l'air

Une fois le spectre de la source déterminé, il est important, pour connaître la quantité et la qualité des radiations auxquelles les survivants ont été exposés, de déterminer l'influence du transport dans l'air sur la composition des radiations. Pour cela, il faut, entre autre, tenir compte des conditions climatiques telle que l'humidité (plus grande est l'humidité, plus importante est l'absorbition des neutrons) de la topographie du terrain, et de plusieurs autres facteurs.

La plus grande partie des radiations à Hiroshima et à Nagasaki a été absorbée endéans les quelques secondes qui ont suivi l'explosion. A celle-ci, cependant, on doit ajouter de faibles expositions localisées dues à la radioactivité résiduelle, conséquence de la radioactivité induite dans le sol et les autres matériaux, et aux retombées des radionuclides de nuages formés lors de l'explosion.

Lors de l'évaluation dosimétrique de 1965, connue sous le vocable T65D (Tentative 1965 Dose), la contribution des neutrons à la dose totale a été estimée à 20% à Hiroshima et à 2% ou moins à Nagasaki.

Or, les experts qui, en 1986, ont ré-évalué la dosimétrie des bombes lancées sur ces deux villes sont d'avis que la composante neutronique était faible dans les deux cas.

Voici un exemple concret de l'influence de la nouvelle dosimétrie sur les doses reçues à Nagasaki et à Hiroshima.

A Nagasaki en 1965, on avait estimé que 657 personnes avaient reçu des doses comprises entre 100 et 200 cGy, en 1986, ce nombre a été réduit à 76 personnes. Parmi les personnes restantes, 474 auraient reçu des doses entre 50 et 100cGy et 107 entre 10 et 50 cGy.

A Hiroshima en 1965, on avait estimé que 1.628 survivants avaient reçu une dose entre 1 et 2 Gy. En 1986, on estime que 10 parmi ceux-ci auraient reçu une dose entre 2 et 3 Gy, 809 entre 1 et 2 Gy, et 807 entre 0.5 et 1 Gy. (Tableau I)

Conclusion

1. Les résultats de la dosimétrie de 1986 donnent une augmentation dans l'air de la dose due aux rayons gamma égale à trois fois la dose calculée en 1965 à Hiroshima et une légère diminution à Nagasaki. (Fig. 1)
- 2 La dose due aux neutrons diminue, quant à elle, dans les deux villes et n'est plus égale qu'à 10% à Hiroshima et à 30% à Nagasaki de la valeur calculée en 1965 (c'est-à-dire ± 2 et $\pm 0.6\%$ de la dose totale reçue à Hiroshima et à Nagasaki respectivement). (Fig. 1)

3.2. L'estimation de la dose aux organes

Beaucoup de survivants dans les deux cités se trouvaient à l'intérieur de maisons très proches l'une de l'autre au moment de l'explosion, et ont ainsi été protégés de manière significative.

3.2.1. Calcul des doses dans les endroits protégés et dans les maisons

Suite au changement du spectre des énergies, le facteur moyen de transmission pour les rayons gamma dans les maisons japonnaises a été fortement modifié en 1986 par rapport à 1965. A Hiroshima (0,90 en 1965 contre 0,46 en 1986) et à Nagasaki (0,81 contre 0,48), c'est-à-dire 51% du facteur correspondant de 1965 à Hiroshima, et 59% à Nagasaki. Par contre, le facteur de transmission moyen pour les neutrons n'a, quant à lui, presque pas été modifié par rapport à 1965. A Hiroshima, 0,31 en 1965 contre 0,36 en 1986 et à Nagasaki, 0,35 contre 0,41. (Tableau II)

Conclusion :

Suite aux résultats de la dosimétrie de 1986, dans les zones protégées la dose moyenne due aux rayons gamma dans les deux cités est en moyenne inférieure à celle calculée en 1965 et la dose de neutrons substantiellement inférieure.

3.2.2. Doses aux organes

Sans entrer dans les détails, je rappellerai qu'en 1986, contrairement à ce qui c'est passé en 1965, on a en particulier tenu compte, pour les personnes les plus exposées, des cas individuels, y compris la position et l'orientation de chaque individu, par rapport au lieu de l'explosion.

Les doses que je citerai dans cet exposé sont, sauf quelques exceptions, basées sur la dose totale absorbée. C'est ainsi que pour les organes profonds, tels que la moëlle osseuse, le gros intestin, le

poumon, l'estomac, la vessie, et l'ovaire, les doses de rayons gamma de 1986 sont supérieures à celles de 1965. En 1965, pour la moëlle osseuse, le facteur de transmission était de 0.56 pour les rayons gamma et en 1986, de 0.76 (Tableau III). Par contre, pour les organes superficiels, comme la glande mammaire, celles-ci sont inférieures. Ceci est essentiellement dû au fait que la protection des organes internes contre les effets des rayons gamma est moins efficace que ce que l'on pensait. Les doses de neutrons, pour l'ensemble des organes, sont sensiblement inférieurs à Hiroshima et changent peu à Nagasaki en comparaison avec 1965.

Conclusion :

En 1986, il y a peu de changement dans la dose reçue par les différents organes. Cela est dû au fait que les différents paramètres qui ont été modifiés se neutralisent les uns les autres. En effet, si l'atténuation de la dose dans l'air par les murs des maisons est plus élevée en 1986 qu'en 1965, la transmission de la dose gamma aux organes profonds est plus élevée.

3. L'estimation des incertitudes

A l'heure actuelle, les probabilités d'erreurs n'ont été calculées que pour quelques paramètres, dont la puissance des deux bombes; le transport des radiations dans l'air, et la position du corps par rapport à l'explosion. D'autres études se poursuivent à ce sujet.

4. Conséquences sur l'évaluation des effets biologiques observés antérieurement

Les effets des radiations, suite aux données de la nouvelle dosimétrie, ont été examinés pour trois paramètres :

- 1 - Les aberrations chromosomiques dans les cellules de la moëlle osseuse.
- 2 - Le retard mental chez les enfants irradiés in-utéro.
- 3 - L'incidence des cancers.

4.1. Les aberrations chromosomiques dans les cellules de la moëlle osseuse

La dosimétrie T65D avait mis en évidence, à Hiroshima et à Nagasaki, différentes relations doses-effets pour les aberrations chromosomiques. C'est ainsi, qu'à Hiroshima, la relation était linéaire et l'effet plus élevé qu'à Nagasaki, où la relation dose-effet était curvi-linéaire. Suite aux résultats de la nouvelle dosimétrie, cette différence entre les deux cités persiste mais est moins marquée. De plus, par rapport à 1965, on ne constate qu'une faible modification de la réponse du nombre d'aberrations chromosomiques par unité de dose à la moëlle osseuse. En outre, bien que suite aux données de la nouvelle dosimétrie, la contribution des neutrons à la dose totale d'irradiation à Hiroshima est diminuée, elle n'élimine pas la différence d'exposition aux neutrons entre les deux cités.

4.2. Le système nerveux central (retard mental)

Suite aux données de la nouvelle dosimétrie, les effets des radiations sur le cerveau en voie de développement ont été confirmés. L'étude dans le temps montre que la probabilité de retard mental radio-induit est quasiment nul lorsque l'exposition a lieu moins de 8 semaines après la conception. Celui-ci est maximal en cas d'exposition entre la 8^{ième} et la 15^{ième} semaine. Aucun retard mental grave n'a été signalé dans le cas d'irradiation survenant plus de 25 semaines après la conception pour des doses inférieures à 1 Gy. En se basant sur les résultats de la dosimétrie de 1965, si on considère que la réponse à l'irradiation n'est pas linéaire, les valeurs maximales possibles pour la dose seuil seraient de 0.10 Gy lors d'une exposition entre 8 et 15 semaines, et de 0.5 Gy pour la période allant de 15 à 28 semaines. Les résultats préliminaires obtenus, en se basant sur les données de la nouvelle dosimétrie, indiquent peu ou pas de différence dans l'estimation du risque, si on considère que la relation dose-effet est linéaire, mais les résultats de 1986 semblent montrer qu'il existerait une grande probabilité de la présence d'un seuil pour les foetus irradiés entre la 15^{ième} et la 28^{ième} semaine.

3. L'estimation des décès dûs aux cancers

Dans la plupart des estimations faites par le RTRF, la mortalité due au cancer est estimée à partir de la dose totale de rayons gamma et de neutrons dans l'air corrigé en fonction de la protection due aux différents obstacles. Il faut entre autre, tenir compte, d'autres paramètres tels que la dose réelle reçue par les différents organes, et de l'EBR des neutrons.

En ce qui concerne la dose reçue aux organes, il est évident que les organes profonds tels que le tube digestif, sont moins exposés aux radiations que la glande mammaire. Le RERF a donné des précisions sur les modifications du risque pour les différents organes. En général, le risque d'induction des cancers pour les différents organes, varie d'un facteur 1 ou 2, selon que l'organe est un organe profond ou superficiel.

Si on considère que l'EBR (efficacité biologique relative) pour les neutrons est égal à 12, le risque d'induction des leucémies en 1986 est environ 2 fois supérieur au risque calculé en 1965. Si on estime l'EBR des neutrons inférieur à 12, la différence sera moins grande. Si par contre on estime l'EBR des neutrons supérieur à 12, la différence sera plus grande. En ce qui concerne les autres cancers, on estime qu'en 1986, l'incidence des cancers dans les organes situés profondément à l'intérieur du corps, à l'exception de la moëlle osseuse pour un EBR de 12 est de 30% supérieur à 1965. Si on estime l'EBR des neutrons égal à 1, on n'observe plus aucune différence entre 1965 et 1986. Si on considère l'EBR supérieur à 12, le risque sera évidemment plus élevé. Pour la glande mammaire et la thyroïde, qui sont des organes superficiels, pour un EBR égal à 12, le risque d'induction de cancers est deux fois plus élevé en 1986 qu'en 1965. (fig. 2) (fig. 3)

Conclusion :

Si on tient compte uniquement des données de la nouvelle dosimétrie, et si on donne une valeur raisonnable à l'EBR des neutrons, c'est-à-dire 12, le risque moyen d'induction de l'ensemble des cancers suite aux résultats de la nouvelle dosimétrie est augmenté d'un facteur 1,4 par rapport aux résultats de 1965.

5. Influence d'autres facteurs sur l'incidence des cancers à Hiroshima et à Nagasaki

Examinons maintenant le problème d'une manière plus générale, c'est-à-dire en ne tenant pas compte uniquement des résultats de la nouvelle dosimétrie, mais également d'autres données disponibles depuis 1965 sur les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, telles que la mortalité, et les causes de morts de 3 nouvelles cohortes de personnes décédées entre 1977 et 1985, et le type de modèle utilisé pour extrapoler dans le temps les données concernant une brève fraction de la vie des individus exposés.

5.1. Résultats des 3 nouvelles cohortes de personnes irradiées

En plus des résultats de la nouvelle dosimétrie, on dispose des chiffres de mortalité et des causes de mort des habitants d'Hiroshima et de Nagasaki décédés entre 1975 et 1985 (c'est-à-dire 75-78; 79-82; 83-85).

Ces données épidémiologiques complémentaires ont permis d'améliorer les estimations de la relation dose-réponse pour certains types de tumeurs et d'ajouter d'autres cancers tels que le cancer du colon et des ovaires, et le myélome multiple, à la liste des tumeurs radio-induites pour lesquelles on avait fait une estimation des risques.

En résumé, en 1977, l'UNSCEAR avait estimé le risque d'induction de cancers pour 5 organes, aujourd'hui on dispose des données pour 12 organes et d'informations complémentaires pour chacun d'entre eux.

5.2. Modèles utilisés pour extrapoler dans le temps les données épidémiologiques.

Une des tâches les plus difficiles dans l'estimation du risque d'induction de cancers, est de déterminer la forme de la relation dose-réponse.

Pour ce faire, on dispose d'un certain nombre de modèles, chacun d'eux représentant tout au plus une approximation par rapport à la relation réelle dose-réponse et comporte des limites ou des pièges.

Aucune des grandes études épidémiologiques, actuellement en cours, n'a encore donné de résultats sur l'incidence des cancers portant sur toute la durée de vie des sujets étudiés.

Par conséquent, afin d'établir des prévisions du risque global pour l'induction des cancers correspondant à une population exposée, il est nécessaire de recourir à des modèles permettant d'extrapoler dans le temps les données concernant une brève fraction de la vie des individus exposés. Peu de modèles de ce type ont été étudiés. Pour simplifier, il s'agit :

- 1) du modèle dit absolu (additif) qui pose en hypothèse que le risque de cancer radio-induit ne dépend pas du nombre de cancers survenant naturellement, si bien que les rayonnements ajoutent par induction au cancer naturel, un nombre supplémentaire de cancers qui est lié à la dose;
- 2) du modèle de risque relatif (multiplicatif) dans lequel il existe un rapport entre le risque radio-induit et le nombre de cancers survenant naturellement si bien que les rayonnements induisent un nombre supplémentaire de cancers lié à la dose qui correspond à un pourcentage du nombre de cancers survenant naturellement.

On dispose maintenant de données qui permettront peut-être de mieux comprendre les possibilités d'application de ces deux modèles et les conclusions d'études récentes faites au Japon montrent que le modèle relatif est probablement celui qui convient le mieux, au moins pour certains des types de cancers les plus courants (voir plus loin). On devrait disposer prochainement de conclusions plus solides.

6. Rapport de l'UNSCEAR à l'Assemblée Générale des Nations-Unies

Tenant compte de l'ensemble de ces données, l'UNSCEAR a publié récemment un 10ième rapport qui comporte une annexe sur la radiocarcinogénèse chez l'homme. Dans ce rapport, le Comité a considéré séparément les résultats des observations réalisées sur les enfants et sur les adultes.

En effet, l'âge au moment de l'exposition est important pour évaluer le risque d'induction des cancers par les radiations. Les données actuellement disponibles montrent que les risques de tumeurs radio-induites diminuent au fur et à mesure de l'augmentation de l'âge. En plus, on a constaté que la période de latence pour les différents types de cancers dépend, non seulement de l'âge, mais également du tissu considéré. L'âge moyen et la distribution par âge des cas de cancers chez les adultes exposés à des doses uniques, sont en général analogues à ceux qui sont observés dans l'ensemble de la population.

En outre, des données sur les effets des facteurs génétiques indiqueraient qu'une partie faible, mais non négligeable, de la population est plus vulnérable aux cancers et risque donc de résister moins bien

aux rayonnements ou autres agents cancérogènes. Pour améliorer les évaluations de risque, il conviendrait de mettre au point des moyens plus perfectionnés que ceux dont on dispose actuellement pour identifier la susceptibilité des individus exposés.

Ceci étant dit, les nouvelles évaluations qui ont paru dans le rapport de l'UNSCEAR concernent les risques d'induction de cancers pour une dose de 1 Gy administrée à débit élevé de radiation de faible LET.

Le tableau IV contient un bilan résumé des résultats de l'étude d'Hiroshima et de Nagasaki en ce qui concerne la probabilité de morts due à un cancer radio-induit lié aux tissus. Il donne deux séries de chiffres : l'une établie d'après les prévisions reposant sur le modèle du risque additif (absolu); l'autre établie d'après les prévisions obtenues sur base du modèle du risque multiplicatif (relatif).

Le coefficient total de risque de cancers pour des individus moyens (moyenne des deux sexes) est de 4,5% par Gy dans le cas du modèle du risque additif, et de 7,1% par Gy dans le cas du modèle du risque multiplicatif. Il est possible de comparer ces chiffres à l'estimation faite par l'UNSCEAR en 1977 pour les doses élevées qui étaient d'environ 2,5% par sievert, dans le cas du modèle du risque additif. (Tableau V).

Les problèmes rencontrés pour déterminer les coefficients de risque qui s'appliquent aussi à des doses faibles sont restés les mêmes. Ces coefficients ne peuvent être déduits que des valeurs observées qu'aux doses modérées à élevées. En 1977, l'UNSCEAR, alors que le coefficient total du risque de cancers pour des doses élevées était estimé à environ 2,5% par Sievert, a formulé deux mises en garde :

La valeur de l'estimation pour les doses élevées était d'une part trop faible car les prévisions n'avaient pas été établies, et d'autre part, trop élevée, en ce sens que le risque par dose unitaire extrapolée aux doses faibles était considéré comme inférieur aux estimations faites pour des doses élevées.

Actuellement, les problèmes de l'extrapolation du coefficient de risque aux faibles doses, et pour de faibles débits de doses subsistent. Le Comité estime qu'il est nécessaire d'appliquer un facteur de réduction de dose pour modifier l'estimation du risque pour une dose de 1 Gy, lorsqu'on extrapole ceux-ci aux faibles doses et à des débits faibles. Le Comité considère qu'un tel facteur varie largement en fonction des tumeurs considérées et en fonction du débit de la dose. Le Comité conclut que pour estimer le risque total de cancers pour des doses faibles et pour des débits faibles, l'estimation du risque pour une dose de 1 Gy doit être diminuée d'après les cas considérés d'un facteur compris entre 2 et 10.

Quant à la Commission Internationale de Protection Radiologique, elle fera probablement de nouvelles recommandations en 1989. Celles-ci tiendraient compte, non seulement des données de la nouvelle dosimétrie, mais aussi d'une série d'autres facteurs. Elle aura le souci de garder autant que possible la stabilité du système actuel de protection radiologique. Elle compterait se limiter au développement de concepts fondamentaux et scientifiques, laissant le soin aux autres organismes nationaux et internationaux d'établir une ligne de conduite, et des règles sur les applications pratiques des recommandations de base.

Conclusion générale :

Les nouvelles estimations sur l'induction des leucémies et des autres cancers chez les personnes irradiées à Hiroshima et à Nagasaki, sont plus élevées qu'en 1965. Si on tient compte uniquement des résultats de la nouvelle dosimétrie, l'estimation du risque de 1965 doit être augmentée d'un facteur 1.4.

Si on prend également en considération les nouvelles données épidémiologiques, c'est-à-dire les personnes décédées entre 1975 et 1985, ainsi que d'autres facteurs, tel que l'âge au moment de l'irradiation, l'estimation du risque de 1965 doit être augmentée d'un facteur 2. Cette augmentation du risque d'induction de cancers d'un facteur 2 est en grande partie due à l'augmentation de l'incidence des cancers dans le groupe des individus qui étaient jeunes au moment de l'explosion. C'est-à-dire que l'augmentation du risque d'induction de cancers sera nettement moins élevée dans la population qui, au moment de l'explosion, était âgée de 18 à 65 ans. (Tableau VI)

Cependant, de plus grandes modifications dans l'estimation du risque de cancers dû à l'irradiation pourrait provenir de l'adoption du modèle du risque relatif à la place du modèle de risque dit absolu. Le modèle du risque relatif semble être plus crédible aujourd'hui pour les cancers du sein, et peut-être aussi pour les cancers du poumon et de l'intestin. Il peut, par contre, être rejeté pour deux autres types de cancers, les leucémies et les cancers osseux, pour lesquels on n'a pas vu apparaître de nouveaux cancers, 25 ans après l'exposition aux radiations.

Une autre grande inconnue, est la forme de la relation dose-effet lors de l'extrapolation à de faibles doses de l'incidence des cancers obtenue pour des doses élevées. Comme nous l'avons vu précédemment, l'UNSCEAR, selon les cas considérés, donne un facteur compris entre 2 et 10.

Je reste, quant à moi, optimiste et ne pense pas que les nouvelles données accumulées depuis 1965 influenceront beaucoup les normes actuellement admises pour les travailleurs et pour la population en général. En effet, l'augmentation du risque d'un facteur 2 considère la population globale et il est évident que pour les travailleurs âgés de 18 à 65 ans, l'augmentation du facteur du risque est moindre. Je ne pense pas que cette information seule puisse être considérée comme étant suffisante pour modifier les doses limites pour les travailleurs. En ce qui concerne la population en général, je ne pense pas non plus que l'augmentation du risque telle qu'indiquée par les nouvelles données pourraient conduire à modifier sensiblement les normes actuelles. En effet, en 1985 déjà, les limites ont été diminuées de 5 à 1 mSv par an pour les sources de radiation autres que les sources médicales et le background naturel. L'application du principe de maintenir les doses d'exposition aux radiations aussi basses que possible, permettront, dans la plupart des cas, de maintenir les doses bien en-dessous des valeurs limites actuellement admises.

Note explicative relative à l'UNSCEAR (Comité Scientifique des Nations-Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants).

1. United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).

En ce qui concerne l'UNSCEAR, je vous parlerai successivement de son origine, de sa mission, de sa composition et du travail réalisé.

1 - Origine et Mission de l'UNSCEAR

L'UNSCEAR a été fondé par l'Assemblée Générale des Nations-Unies le 3 décembre 1955. Sa mission est de fournir les meilleures estimations possibles :

- 1- des doses que la population mondiale a globalement reçues dans le passé et qu'elle est scencée recevoir dans l'avenir, de diverses sources naturelles et artificielles de rayonnements.
- 2- du risque d'induction à court et à long terme, des divers types de dommages dûs au rayonnement, chez les individus directement exposés, ainsi que chez leurs descendants et cela pendant de nombreuses générations.

1.2. COMPOSITION DU COMITE

Le Comité est composé actuellement d'un représentant des 21 pays suivants :

l'Argentine, l'Australie, la Belgique, le Brésil, le Canada, la Tchécoslovaquie, l'Egypte, la France, l'Allemagne Fédérale, l'Indonésie, le Japon, le Mexique, le Pérou, la Pologne, le Soudan, la Suède, l'Union Soviétique, les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, et la Chine depuis 1986.

La délégation de chaque pays est composée d'un délégué officiel dont les frais de participation aux réunions du Comité sont à charge des Nations-Unies et d'un certain nombre d'experts dont les frais sont à charge des pays respectifs.

Assistent également aux réunions, un représentant des organismes internationaux suivants :

- Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE)
- L'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO)
- L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)
- L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA)
- La Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR)
- La Commission Internationale des Unités de Mesures Radiologiques (CUIR)

Le secrétariat est assuré par un Secrétaire Général, aidé de collaborateurs scientifiques et techniques.

1.3. TRAVAUX REALISES

Depuis sa création, le Comité s'est réuni 37 fois; il a publié 9 rapports, un 10ième est en préparation. Chaque rapport comporte des annexes scientifiques. Ceux-ci sont mis au point au cours des sessions annuelles du Comité, à partir de documents de travail préparés par le secrétariat. Ces documents sont modifiés et corrigés d'une session à l'autre, par le Comité.

A titre d'exemple, le 10ième rapport qui sera publié fin de cette année comportera les 7 annexes scientifiques suivantes :

- Irradiation par les sources naturelles de rayonnements

- Expositions résultants de la production d'énergie d'origine nucléaire
- Expositions dues aux utilisations médicales de l'irradiation
- Irradiation imputable à l'accident de Tchernobyl
- Risques génétiques
- La radiocancérogénèse chez l'homme
- Les effets précoces chez l'homme exposé à de fortes doses de radiation

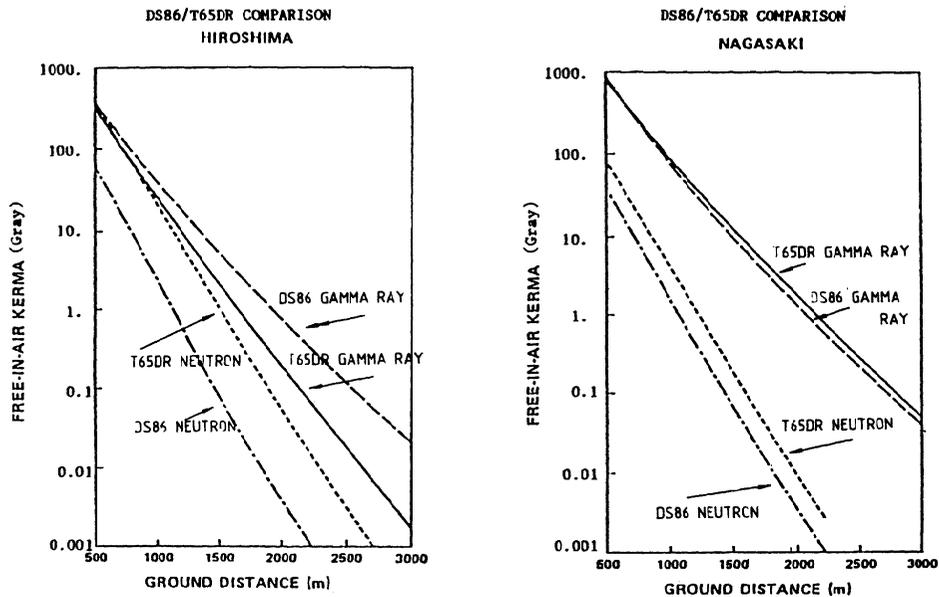


FIG. 1 - Comparaison de la dose de radiation mesurée dans l'air à Hiroshima et à Nagasaki, d'après les résultats des dosimétries de 1965 et 1986 (d'après SINCLAIR et PRESTON - 1987)

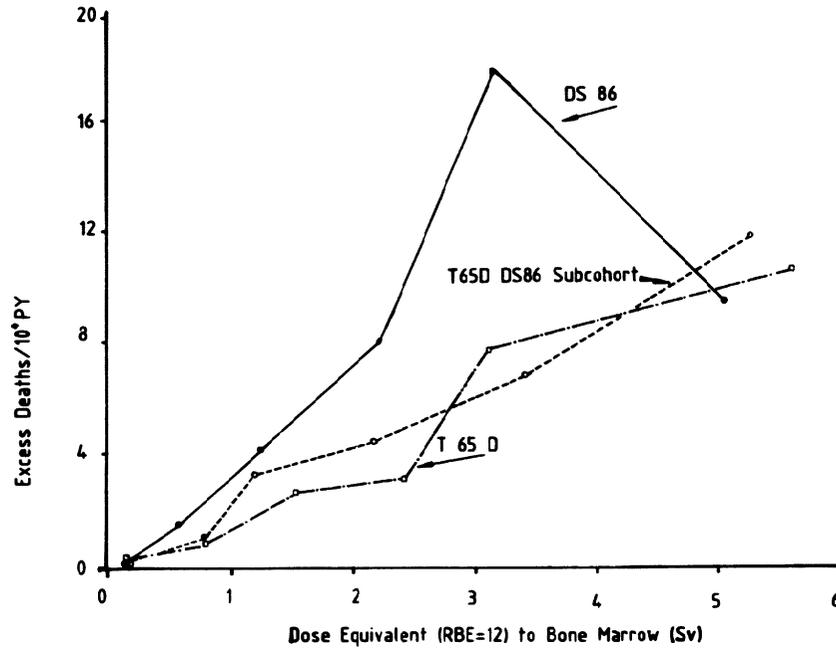


FIG. 2 - Comparaison de l'incidence des leucémies à Hiroshima et à Nagasaki d'après les résultats des dosimétries de 1965 et de 1986 (Efficacité Biologique Relative des Neutrons = 12) (d'après SINCLAIR et PRESTON - 1987)

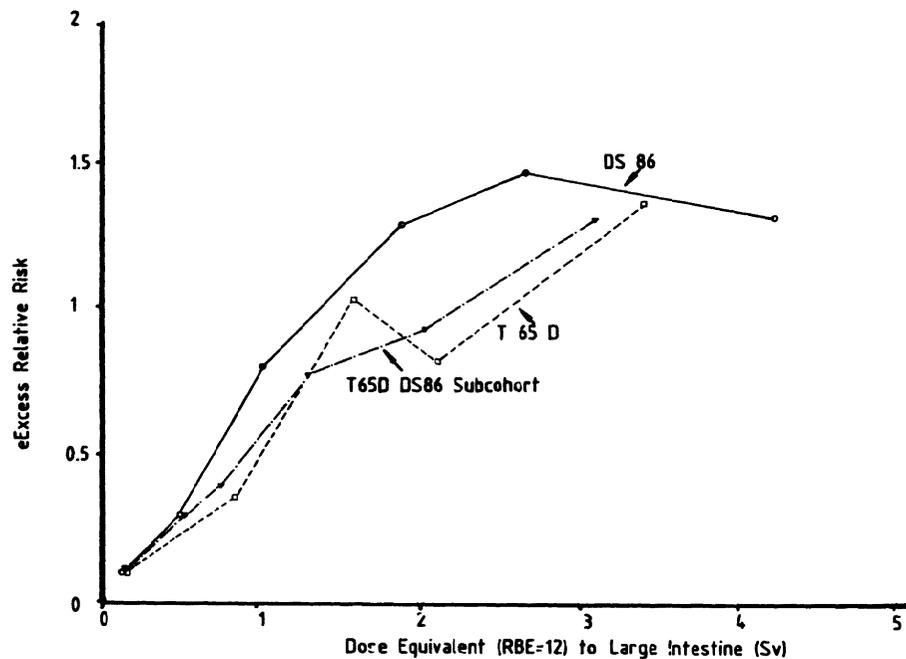


FIG. 3 - Comparaison de l'incidence des cancers à l'exception des leucémies à Hiroshima et à Nagasaki, d'après les résultats des dosimétries de 1965 et 1986 (Efficacité Biologique Relative des Neutrons - 12) (d'après SINCLAIR et PRESTON - 1987)

		<u>doses</u>	<u>Nombre d'individus</u>	
<u>Nagasaki</u>	T65D	1.2 Gy	665	
	T86D	{	1 - 2 Gy	76
			0.5 - 1 Gy	474
			0.1 - 0.5 Gy	107
<u>Hiroshima</u>	T65D	1 - 2 Gy	1.628	
	T86D	{	2 - 3 Gy	10
			1 - 2 Gy	809
			0.5 - 1 Gy	807

Tableau I

Deux exemples concrets de l'influence de la dosimétrie de 1986 sur les doses de radiation reçues à Nagasaki et à Hiroshima.

	<u>1965</u>	<u>1986</u>
<u>Rayons gamma</u>		
Hiroshima	0.90	0.46 (- 51 %)
Nagasaki	0.81	0.48 (- 59 %)
<u>Neutrons</u>		
Hiroshima	0.31	0.36
Nagasaki	0.35	0.41

Tableau II

Facteur moyen de transmission dans les maisons pour les rayons gamma et pour les neutrons.

	<u>1965</u>	<u>1986</u>
<u>Rayons gamma</u>		
Moëlle Osseuse	0.56	0.76

Tableau III

Facteur moyen de transmission à l'intérieur du corps pour les rayons gamma.

Per caput lifetime excess cancer deaths probability
following exposure to 1 Gy organ absorbed dose at high dose rate
of low-LET radiation
 (per cent)

(based on the population of Japan using an average age risk coefficient)

	Multiplicative risk projection model	Additive risk projection model
Red bone marrow	0.97	0.93
All cancers except leukaemia	6.1	3.6
Bladder	0.39	0.23
Breast a/	0.6	0.43
Colon	0.79	0.29
Lung	1.5	0.59
Multiple myeloma	0.22	0.09
Ovary a/	0.31	0.26
Oesophagus	0.34	0.16
Stomach	1.26	0.86
Remainder	1.1	0.69
Total	7.1	4.5

a/ Value has to be divided by 2 to calculate the total and other organ risks.

Tableau IV

Coefficients de risque de cancer mortel pour des doses d'un gray de radiations de faible LET (estimations de l'UNSCEAR de 1988).

Summary of the Committee's estimates of fatal cancer risk coefficients
(per cent per Sv)

Tissue	1958 Report	1964 Report	1972 Report	1977 Report
Bone marrow	0.2-0.5	0.01-0.02 <u>a/</u>	0.15-0.40	0.20-0.50
Breast	-	-	0.06-0.20	0.50
Lung	-	-	0.10-0.40	0.25-0.50
Thyroid	-	0.16	0.40	0.10
Stomach	-	-	}	0.10-0.15
Liver	-	-		0.10-0.15
Brain	-	-		0.10-0.15
Salivary glands	-	-		(0.10-0.15) <u>a/</u>
Large intestine	-	-		0.10-0.15
Small intestine	-	-		(0.02-0.05)
Bone	-	-		0.40
Desophagus	-	-		(0.02-0.05)
Bladder	-	-		(0.02-0.05)
Pancreas	-	-		(0.02-0.05)
Rectum	-	-	(0.02-0.05)	
Mucosa of cranial sinuses	-	-	(0.02-0.05)	
Lymphatic tissue	-	-	(0.02-0.05)	
Skin	-	-		Low
Estimated total	-	-	-	1.0-2.5

a/ Numbers within parentheses refer to total incidence, the fatality risk not having been estimated.

Tableau v

Récapitulation des estimations de l'UNSCEAR de 1958, 1964, 1972 et 1977, relatives au risque de cancer mortel (en pourcentage par siévert).

- a. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre total de cas, aucune estimation n'ayant été faite du nombre de cas mortels (d'après le rapport de l'UNSCEAR 1988).

Estimates of projected lifetime risks
for 1000 persons (500 males and 500 females)
exposed to 1 Gy of high dose rate low-LET radiation

(based upon the population of Japan)

	Risk projection model	Excess fatal cases	Years of life lost
Total population	Additive	30- 50	700-1200
	Multiplicative	70-100	950-1400
Working population (aged 18-65 years)	Additive	40	880
	Multiplicative	80	970
Adult population (over 25 years)	Additive	30	510
	Multiplicative	60	650

Tableau VI

Estimation de l'UNSCEAR faite en 1988 du risque de mort par cancer pour mille personnes (500 hommes et 500 femmes) exposées à une dose de 1Gy administrée à débit élevé de radiations ionisantes de faible LET (d'après le rapport de l'UNSCEAR 1988).

Références

- Ionizing radiation sources and biological effect. United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation 1988 report to the General Assembly with annexes.
- Sinclair W.K. et D.L. Preston. "Revisions in the Dosimetry of the A-Bomb Survivors at Hiroshima and Nagasaki, and their consequences. In Radiation Research proceeding of the 8th International Congress of Radiation Research, Edimburgh, edited by E.M. Fielden, J.F. Fowler, J.H. Hendry, D. Scott. Editors : Taylor and Francis 2.588-594. (July 1987)
- Statement from the 1987 Como Meeting of the International Commission on Radiobiological Protection (ICRP). September 7-17, 1987.
- Frey R.J.L. and Sinclair W.K. "New dosimetry of atomic bomb radiations. The Lancet October 10, 845-848. 1987.
- Preston O.L., D.A. Pierce
 "The effect of changes in dosimetry in cancer mortality risk estimates in the atomic bomb survivors".
 Radiation Research 114.437-466 (1988)
- US - Japan join reassessment of atomic bomb radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki. Final report Volumes I and II. Radiation Effects Research Foundation of Cooperative Japan-United States Research Organization 1987
- Schull W.J. The Status of the Assessment of Radiation Risks to Humans in Radiation Research Proceedings of the 8th International Congress of Radiation Research, Edimburgh. Edited by E.M. Fielden. J.L. Fowler, J.M. Hendry, D. Scott. Editors : Taylor and Francis 2 627-633 (July 1987).

SAMENVATTING.

Na een korte inleiding ontwikkelt de auteur achtereenvolgens de volgende punten : historisch overzicht ; de dosimetriscche re-evaluatie van 1986 (de studies inzake blootstelling aan stralen ; de raming van de dosis op de organen ; de raming van de onzekerheden ; de gevolgen van de dosimetriscche re-evaluatie van 1986 op de evaluatie van de reeds vroeger waargenomen effecten : chromosoomafwijkingen, mentale achterstand, de invloed van kankers en van andere factoren (zoals de gegevens in verband met de 3 nieuwe cohorten van overledenen, het type van de gebruikte dosis-effect modellen, enz.) op de kankerincidentie waargenomen te Hiroshima en te Nagasaki. De auteur geeft vervolgens een samenvatting van de gegevens die verschenen zijn in het rapport van UNSCEAR aan de Algemene Vergadering van de Verenigde Naties en verschenen in 1988, en trekt algemene besluiten.

ABSTRACT.

After a short introduction the following topics are developed : historical review ; the reassessment of the dosimetry of 1986 (studies related to radiation exposure ; organ dosimetry ; uncertainty analysis) ; the effects of the new dosimetry on the dose-response relationship for three end points : chromosome aberrations ; the development of the brain ; cancer induction ; the influence of other factors (the analysis of the mortality data accumulated since 1977 ; the risk projection models) on cancer incidence in Hiroshima and Nagasaki. Finally the author summarizes the data of the 1988 report of the United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation to the General Assembly and draw general conclusions.