Sous la direction de
Ivo Rens et
Joel Jakubec

Radioprotection et droit nucléaire

Entre les contraintes économiques et écologiques, politiques et éthiques

georg EDITEUR

Collection Stratégies énergétiques, Biosphère & Société

Comment sommes-nous «protégés» contre le rayonnement? Les normes internationales de radioprotection Le rôle de la Commission internationale de protection radiologique

Roger BELBÉOCH

Témoignage d'un radioprotectionniste de la CIPR

«Notre destin en temps que physiciens médicaux, une profession en progression constante, a été l'un des plus intéressants et des plus excitants, mais il n'a pas toujours été facile car il fut un temps où certains de mes collaborateurs furent rétrogradés ou perdirent leur travail parce qu'ils refusaient de céder aux pressions visant à abaisser nos critères de sécurité, parce qu'ils refusaient d'accepter des compromis conduisant à des conditions de travail insuffisamment sûres

[...] En ce temps-là, [1945], je n'avais à peu près aucune donnée sur le métabolisme de ces [20] radionucléides. Je devais faire confiance en grande partie à une série de publications [...] sur le métabolisme des produits de fission, le plutonium et les autres actinides chez les souris et les rats et dans quelques cas les données valables provenaient seulement de 3 ou 4 rats.»

«De 1950 à 1973 environ, je fus président des comités chargés des doses d'irradiation interne, à la fois à la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et du Conseil National [américain] de Protection Radiologique (NCRP) et je dois ainsi assumer certains des blâmes pour les insuffisances de notre guide des doses internes.»

Ces textes sont de Karl Z. Morgan (Institut de Technologie de Géorgie, USA), extraits de l'article «Suggested Reduction of Permissible Exposure to Plutonium and Other Transuranic Elements» publié dans l'*American Industrial Hygiene Association Journal,* vol. 36, août 1975, pp. 567-575. Dans cet article K. Z. Morgan recommandait la réduction par un facteur 240 de la charge corporelle admissible du plutonium.

Karl Z. Morgan a été pendant de nombreuses années président du comité 2 de la CIPR et membre de la commission principale, puis membre emeritus de la commission. Il a fait une analyse critique de l'activité de la CIPR dans «ICRP Risk Estimates. An Alternative View», *Radiation and Health,* Ed. by R. Russell Jones (Friends of the Earth, UK) and R. Southwood (National Radiological Protection Board), 1987, John Wiley & sons Ltd.

AVANT-PROPOS

Il est assez étrange de se préoccuper aujourd'hui de l'histoire de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et de la radioprotection alors que les dégâts de cette institution parmi les travailleurs de l'industrie nucléaire sont considérables mais difficiles à expliciter selon les critères habituellement requis par les scientifiques. Rôle pervers de la science qui permet d'escamoter, sous des critères scientifiques très honorés, des dysfonctionnements de la radioprotection officielle qui ont produit et justifié un grand nombre de morts.

Quand nous nous sommes personnellement inquiétés de ces problèmes des effets biologiques du rayonnement, nous étions

imprégnés de notre formation technocratique vis-à-vis du nombre: notre regard sur ces effets était polarisé sur le *nombre de cancers* jusqu'au jour où nous avons voulu remplacer le terme abstrait de nombre de cancers par celui beaucoup plus concret et redoutable de: *combien de cancéreux* ? Il nous est alors apparu particulièrement obscène d'évaluer d'une façon numérique ces effets cancérigènes. C'est pourtant ce qu'a tenté de faire la CIPR depuis sa création en oubliant ce que signifiait pour un individu d'être un cancéreux.

Essayer de retracer la démarche des experts de la CIPR n'est-ce pas adopter leur rationalité? En quoi se résume cette rationalité? Evaluer le nombre de cancéreux, de retardés mentaux, l'accroissement du fardeau génétique pour nos descendants, etc. que penser d'une société qui génère de tels experts pour une telle évaluation indécente? La vie réduite à des valeurs numériques, une marchandise dont il faut évaluer le prix au plus juste.

Mais contester cette horreur sociale nous oblige à entrer dans sa logique, à examiner et à critiquer les évaluations économiques, à mettre en évidence les erreurs, les oublis, les contradictions. N'est-ce pas renforcer la démarche des maquignons que de vouloir améliorer leur rationalité? On peut se demander si la critique de ces règles de radioprotection ne revient pas tout naturellement à justifier la radioprotection c'est à dire à admettre certains dégâts sanitaires particulièrement douloureux, en espérant diminuer ceux que les officiels admettent mais sans pour autant les rendre inacceptables. Ne rien dire c'est laisser faire, critiquer c'est entrer dans le jeu. Il n'y a guère d'espace pour l'humanisme.

La radioprotection ne vise pas à protéger tout individu d'une mort prématurée par le rayonnement ou à éviter de graves problèmes de santé à ses descendants mais à établir une réglementation «acceptable» pour ces morts prématurés et pour les handicapés futurs. On voit là la limite de validité et de la pertinence de l'analyse critique qui va suivre.

I. INTRODUCTION

L'industrie nucléaire, en ce qui concerne la protection du personnel et de la population, est, en principe, régie par des normes. Normes de sécurité apparemment précises, commissions internationales d'experts, contrôles sanitaires, mesure de la radioactivité dans et hors des centres nucléaires, règles administratives, études épidémiologiques, débats d'experts, etc. à première vue tout cela est bien rassurant et les promoteurs du nucléaire insistent beaucoup sur cet aspect: l'industrie nucléaire se déclare être la plus sûre et la plus propre de toutes les industries.

Bien sûr on ne va pas pousser la curiosité au point de chercher à savoir si la réglementation est bien appliquée dans les mines d'uranium du Niger qui alimentent nos réacteurs, ou au Pakistan, en Inde etc. Normalement, une telle activité en ce qui concerne la protection du personnel et de la population devrait susciter de la méfiance car, en toute logique, elle est la preuve que cette industrie est la plus dangereuse et la plus sale des industries à moins d'imaginer que, technocrates et industriels, soudain pris d'un remords tardif vis-à-vis du développement industriel du siècle dernier, désirent une industrie propre et que leur seul souci est la protection des individus. Ceci est difficile à imaginer.

Il existe une commission internationale d'experts, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR). Cette Commission a été créée en 1928 sous le nom de Comité International de Protection contre les Rayons X et le Radium à la suite d'une décision du deuxième Congrès International de Radiologie qui s'est tenu à Stockholm. Le nom de Commission Internationale de Protection Radiologique a été adopté en 1950 ainsi que son mode de fonctionnement au cours du sixième Congrès International de Radiologie à Londres.

La mise en garde contre les effets biologiques du rayonnement que l'on peut trouver dans les interventions des divers Congrès de

Radiologie n'était pas suffisante pour que l'usage des appareils de Rayons X et du Radium soit fait avec quelques précautions. La nécessité de normes de radioprotection s'est vite fait sentir dès que l'usage des appareils de rayons X s'est multiplié et que les effets néfastes des rayonnements ionisants se sont manifestés chez les radiologistes. La première norme a eu pour but de limiter la «dose peau» reçue par les radiologistes afin d'éviter l'apparition de radiodermites. Sans normes et sans quelques précautions, on aurait assisté à une véritable hécatombe parmi le personnel de radiologie. Cependant, l'application des règles de radioprotection est toujours demeurée vague et les dangers du rayonnement ainsi que les problèmes de dosimétrie n'ont jamais tenu une grande place dans l'enseignement médical et les manuels de radiologie et sont totalement ignorés dans la formation des physiciens et des ingénieurs.

Avec la CIPR il ne s'agissait plus d'analyser les effets du rayonnement mais de recommander certaines pratiques fondées sur la radioprotection. La CIPR est désormais reconnue comme la référence en matière de radioprotection et les divers gouvernements finissent généralement par transcrire dans leur réglementation nationale les normes qu'elle a recommandées. Cependant, il n'est pas évident que certains pays dits «non démocratiques» respectent ces normes. Cela ne gêne aucunement les pays dits démocratiques qui leur fournissent les équipements nécessaires à leur nucléarisation.

La CIPR n'est pas le seul comité d'experts qui fasse référence au niveau international pour fixer des normes de radioprotection. Son activité est intimement liée à d'autres organismes internationaux tels que le Comité Scientifique des Nations Unies pour l'Etude des Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR) créé en 1955 par les Nations Unies, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) initialement créée par l'Organisation des Nations Unies pour promouvoir l'énergie nucléaire s'est introduite dans la radioprotection. Elle a entériné les recommandations successives de la CIPR sans grande originalité mais en aucun cas ne s'est inquiétée de leur réelle application dans les pays qu'elle était censée contrôler. Après la catastrophe de Tchernobyl elle s'est attribué un rôle dominant dans les évaluations des conséquences de Tchernobyl, sans vérifications scientifiques sérieuses des estimations fournies par les organismes officiels des pays contaminés.

Le Comité BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation) de l'Académie des sciences des USA procède régulièrement à des analyses critiques des études consacrées aux effets du rayonnement. Par exemple, un des derniers rapports concerne le radon. Les analyses du comité BEIR jouent un rôle important dans l'établissement des normes de radioprotection.

Les divers organismes internationaux sont intimement interconnectés par leurs membres qui appartiennent généralement à plusieurs comités: en tant qu'experts indépendants cooptés par leurs pairs à la CIPR et en tant que nommés par les gouvernements pour représenter les intérêts nationaux à l'UNSCEAR. L'OMS, chargée en principe des problèmes de santé et l'AIEA chargée en principe de la promotion de l'industrie nucléaire ont signé un accord pour coordonner leurs activités. La participation d'experts salariés de l'industrie nucléaire et du lobby médical, utilisateurs et producteurs de rayonnement, est largement assurée dans ces organismes [1].

Pendant longtemps les recommandations numériques de la CIPR restèrent formelles, faute de l'existence de radiamètres fiables et d'un usage facile permettant une dosimétrie individuelle nécessaire pour vérifier le respect des normes. Il s'agissait donc bien plus d'attirer l'attention des radiologistes sur les effets aigus apparaissant rapidement des fortes doses de rayonnement que de réglementer les doses de rayonnement elles-mêmes.

L'existence d'un seuil de dose en dessous duquel le rayonnement n'avait aucun effet était

le fondement essentiel de la radioprotection. Ce n'est qu'en 1990 (publication CIPR 60) que la CIPR abandonnera *explicitement* l'hypothèse du seuil.

Généralement, lorsqu'on présente l'évolution de la CIPR, ce sont les limites d'exposition au rayonnement qui sont énumérées au fil des années. Ce n'est peut-être pas le plus important car restent dans l'ombre de nombreux problèmes: qui est réellement protégé? quelles sont les procédures de radioprotection proposées par la CIPR? Comment les experts scientifiques justifient-ils les limites de dose qu'ils ont qualifiées successivement de «tolérables», «admissibles», «acceptables»? Et l'accident majeur, ce que les experts dénomment «urgence radiologique», comment proposent-ils de le gérer? Depuis quand l'accident apparaît-il dans leurs publications? Comment la CIPR jongle-t-elle avec les limites d'incorporation pour la protection contre les contaminations internes? Ce sont tous ces aspects de la radioprotection qu'il faut suivre dans les publications de la CIPR. Cela nous permet de préciser sur quelles bases les promoteurs, les réalisateurs, les gestionnaires de l'industrie, ont fonctionné. Cela permet aussi de mieux comprendre la floraison d'études socio-économiques (le coût monétaire de l'«homme-sievert»), sociologiques (l'acceptabilité du risque), psychologique (la radiophobie, le risque psychologique) que l'industrie nucléaire finance grassement dans la communauté scientifique.

II. LES RECOMMANDATIONS AVANT 1950

Avant la deuxième guerre mondiale, les recommandations de la CIPR concernaient les utilisateurs de générateurs de rayons X ou de radium. La première recommandation apparaît en 1934 sous la forme d'une dose *tolérable* de 1 Röntgen par semaine de travail (pour la CIPR, l'année comporte 50 semaines de travail). Il faut noter que le mot *tolérable* doit être interprété comme pouvant être subi sans atteinte à la santé. La norme se présente sous la forme d'un débit de dose bien plus que d'une dose annuelle. Le postulat qui est à la base de cette recommandation est qu'il existe un seuil de débit de dose en dessous duquel il n'y a pas d'effet biologique du rayonnement. Sous-jacent à ce postulat, il y a l'idée que si le débit de dose n'est pas trop fort, la restauration des cellules abimées par le rayonnement peut s'effectuer et effacer complètement les dommages causés antérieurement aux cellules. Il faudra bien des années pour que ces idées disparaissent chez les experts officiels de la radioprotection.

Il est difficile, si l'on veut analyser en détail les concepts utilisés en radioprotection à l'origine de cette discipline, de les séparer des mythes que les propriétés mystérieuses du rayonnement et de la radioactivité ont développés à la fois chez les scientifiques [2] [3], les romanciers [4], les charlatans [5] sous des formes très voisines. On retrouvera tout au long des textes de la CIPR des allusions à d'éventuels effets bénéfiques tout en mentionnant l'absence de preuves scientifiques décisives de l'existence de ces effets.

III. LES NORMES DE RADIOPROTECTION EN 1950

Les normes de 1934 seront celles qui serviront de base à la radioprotection pendant le projet Manhattan d'étude puis de fabrication des bombes atomiques durant la deuxième guerre mondiale. Ce n'est qu'en juillet 1950 (au sixième Congrès International de Radiologie à Londres) que la CIPR, nouvellement dénommée, révisera les normes de radioprotection [6].

L'approche de la radioprotection s'est profondément modifiée depuis 1934.

1. La Commission, dans l'introduction de sa publication, constate que les développements et les applications de la physique

nucléaire se sont très fortement accrus, apportant un accroissement important des dangers potentiels et de leur portée.

2. Une meilleure connaissance en biologie concernant en particulier les effets cancérigènes et génétiques permet à la Commission de fournir des «niveaux admissibles» (*permissible* en anglais) de rayonnement. Le concept de *niveau biologiquement tolérable* disparaît.

3. Les effets biologiques à prendre en compte, d'après la Commission, sont les suivants:

- les lésions superficielles;
- les effets sur le corps, en particulier sur le sang et sur les cellules hématopoïétiques (anémies, leucémies);
- l'induction de tumeurs malignes;
- d'autres effets nocifs tels que la cataracte, l'obésité, la diminution de la fertilité, la réduction de la durée de vie;
- les effets génétiques.

Cette énumération des effets du rayonnement nuisibles à la santé montre que les experts ont, dès 1950 (et probablement quelques années auparavant), une vision assez complète des effets biologiques du rayonnement. On peut penser que cette vision était en partie le résultat des dégâts observés sur les travailleurs du projet Manhattan.

4. Certains effets du rayonnement sont irréversibles et cumulatifs. Ceci conduit la Commission à recommander que des efforts soient faits pour réduire toutes les irradiations au «niveau le plus bas possible». Réduire le plus possible les expositions au rayonnement aurait eu des conséquences économiques assez redoutables pour l'industrie nucléaire. Il est vrai que cette recommandation n'exigeant aucune contrainte réelle laissait son application à la bonne volonté des gestionnaires nucléaires. Plus tard la CIPR reprendra ce concept *au niveau le plus bas possible* sous la forme plus acceptable pour l'économie nucléaire d'«ALARA: As Low As Reasonably Achievable» (aussi bas qu'il est possible de le réaliser d'une façon raisonnable). Elle y ajoutera une procédure d'optimisation des niveaux d'irradiation fondée sur les coûts.

5. La Commission propose des maxima de doses «admissibles» qui impliquent selon elle un «risque faible comparé aux autres dangers de la vie». Cette conception n'a de sens que si l'on admet que ces doses maximales admissibles génèrent un risque qui n'est pas nul pour la santé des personnes exposées au rayonnement puisqu'il est justifié par la comparaison avec des risques concrets. Il faut remarquer que cette Commission d'experts scientifiques reste dans le flou, elle n'avance aucune estimation numérique concernant ce risque qu'elle recommande d'admettre, ni d'ailleurs d'estimation des risques de la vie quotidienne. Les experts restent dans le qualitatif, le subjectif. Pour être honnêtes scientifiquement ces experts auraient dû expliquer qu'ils n'avaient, pour recommander ces normes, quasiment pas de données quantitatives relatives aux divers risques que pourrait causer le rayonnement aux personnes à qui l'on demanderait de reconnaître que leurs irradiations sont «admissibles».

D'autre part, si l'on admet que les doses maximales comportent un risque (admissible) non nul pour la santé, cela exclut logiquement l'idée qu'il y aurait un seuil de dose en dessous duquel il n'y aurait aucun effet nuisible. Mais la Commission aura beaucoup de mal à se débarrasser de ce seuil si commode pour les gestionnaires de la radioprotection.

6. La Commission révise à la baisse les doses admissibles: «La dose maximale admissible reçue par la surface du corps doit être de 0,5 röntgen par semaine. Cette dose correspond à une dose de 0,3 r par semaine mesurée dans l'air».

Cette dose se réfère à l'action sur la peau afin d'éviter des lésions à court terme alors

que la liste des effets du rayonnement sur la santé donnée dans l'introduction comporte beaucoup de détriments autres que les lésions superficielles. La Commission se justifie cependant en estimant que cette dose de 0,5 röntgen sur la peau «devrait correspondre en gros [roughly] à 0,3 r pour les tissus critiques à savoir les organes hématopoïétiques».

Cette façon de formaliser la norme pose quelques problèmes. Le concept d'«organe critique» pourrait laisser supposer que d'autres organes ne seraient pas aussi critiques et qu'ils pourraient par conséquent recevoir des doses plus élevées. La définition de dose globale sur le corps n'étant guère précisée, s'agit-il d'une dose d'irradiation uniforme ou d'une moyenne sur l'ensemble du corps ? Comme il est admis que pour la peau le maximum admissible, même pour les ß et γ de haute énergie, est de 1,5 röntgen, cela autorise pour certaines régions du corps des doses supérieures à 0,3 r.

7. La Commission considère qu'elle n'a pas suffisamment d'informations pour fixer des limites à l'irradiation interne dus aux radioéléments incorporés. Cependant elle donne les valeurs des charges corporelles admissibles pour quelques radioéléments (Ra 226, Pu 239, Sr 89, Sr 90, Po 210, Na 24, P 32, Co 60, I 131) et les valeurs dérivées pour les concentrations maximales admissibles dans l'air pour certains d'entre eux. La Commission estime que la seule action nuisible pour la santé de l'uranium naturel est son activité chimique. Cela a été d'une grande utilité pour l'exploitation des mines d'uranium.

8. Des recommandations sont faites concernant les conditions de travail: vérification systématique des doses reçues par les opérateurs, examens du sang tous les 3 mois, examen médical général tous les ans. Des recommandations s'appliquent aux lieux de travail: ventilation, température, dimensions des pièces, hauteur sous plafond, et «toutes les pièces devraient de préférence être peintes en couleurs claires».

9. Beaucoup de place est consacrée à la manipulation et à l'utilisation du radium et du radon, mais on ne trouve cependant aucune allusion au travail dans les mines d'uranium. Les mineurs d'uranium échappent à la réglementation alors que l'exploitation des mines, après 1945, est une des préoccupations majeures des pays en voie de nucléarisation. Cela est particulièrement grave car les mineurs d'uranium ont été (et sont encore) les travailleurs de l'industrie nucléaire les plus exposés, du moins en dehors des catastrophes. Il faut mentionner que les filons d'uranium exploités en priorité à cette époque étaient des filons riches particulièrement dangereux.

10. Aucune recommandation ne concerne l'abandon de locaux contaminés ayant servi à des recherches ou à la production de radioéléments (essentiellement radium, radon et thorium). Ces dépôts sauvages sur lesquels, en bien des endroits, ont été construits des bâtiments publics (par exemple des écoles en France comme à Nogent-sur-Marne) posent maintenant des problèmes très compliqués de décontamination.

11. A propos des pratiques en radiothérapie la Commission ne s'intéresse qu'aux seuls opérateurs pour lesquels est exigée une certaine radioprotection. Rien n'est dit pour protéger les malades de doses intempestives non justifiées médicalement.

IV. LE 7e CONGRÈS INTERNATIONAL DE RADIOLOGIE, COPENHAGUE, JUILLET 1953 [7]

Différents organismes internationaux participèrent à ce congrès de radiologie, en particulier l'International Commission on Radiological Units (ICRU) et l'International Commission on Radiological Protection (ICRP ou CIPR en français).

Dans son allocution lors de la cérémonie d'ouverture de ce congrès, le physicien Niels

Bohr fit une remarque intéressante lorsqu'il analysa les études de physique atomique et celle des organismes vivants: «Bien qu'aucune ultime limite ne soit en vue pour la connaissance que nous pouvons atteindre graduellement à propos des processus physiques et chimiques responsables des fonctions organiques, nous devons en permanence être conscients que les conditions pour obtenir ces connaissances peuvent être incompatibles avec le maintien en vie de l'organisme [...]». Bien qu'il s'agisse ici de la nécessité en biologie et en médecine d'avoir une vision globale de l'organisme vivant [et pas seulement une analyse mécaniste des phénomènes] on peut se demander s'il n'y a pas, sous-jacente chez ce physicien, la crainte que ne se multiplient certaines pratiques où des êtres humains ont été sacrifiés pour obtenir des connaissances scientifiques [8].

Une intervention à ce congrès fait le point sur la radioprotection dans divers pays et le problème de l'introduction des normes de radioprotection dans les législations: «L'inclusion de détails techniques et de valeurs numériques dans les lois relatives au rayonnement est jugée impraticable par beaucoup d'experts».

La première raison avancée est la possibilité d'un changement très rapide des normes. Ainsi, «les niveaux d'irradiation qui sont admissibles aujourd'hui peuvent être changés demain». La pratique montre le peu de valeur de cet argument: le premier changement a pris 16 ans (1934-1950), le second 6 ans (1950-1956) et le dernier 34 ans (1956-1990).

La deuxième raison est que dans une loi il serait nécessaire de définir d'une façon détaillée de nombreux facteurs qui «en fait ne peuvent pas être rigoureusement définis». Implicitement cela revient à admettre que ces experts scientifiques ne peuvent élaborer des normes de radioprotection sur des bases rigoureusement scientifiques. Ce n'est qu'en 1990 (CIPR 60) que la Commission reconnaîtra explicitement son incapacité à fixer des limites de doses acceptables suivant des critères scientifiques ou médicaux. Il est donc plus commode de laisser un certain flou dans l'application de normes de radioprotection.

Enfin, leur application d'une façon rigide pourrait être trop contraignante pour la recherche et l'industrie dans les pays fortement industrialisés alors qu'elle serait possible dans des pays moins développés (la Nouvelle Zélande est prise en exemple).

On voit dans cette analyse la préoccupation des experts en radioprotection de ne pas brider l'activité nucléaire par des contraintes qui seraient introduites d'une façon obligatoire, légale, pour protéger les personnels.

C'est au cours de ce congrès que furent définies et adoptées les nouvelles unités de dose. Le rad est défini comme l'unité de dose absorbée correspondant à une absorption d'énergie de 100 ergs par gramme de matière (Recommandation de la Commission Internationale pour les Unités Radiologiques).

Pour introduire l'impact du rayonnement sur un organisme vivant la CIPR définit le rem en introduisant la notion d'*efficacité biologique relative*. La dose en rem s'obtient en multipliant la dose absorbée en rad par ce coefficient. Celui-ci vaut 1 pour les X, ß, γ. Pour ces rayonnements,

1 rem = 1 rad

Ensuite, la Commission ajoute «La dose en rads est numériquement égale [...] à la dose en röntgens».

Quand on examine numériquement à partir de leurs définitions scientifiques le rad et le röntgen on aboutit à la relation 1 röntgen = 0,83 rad ou 1 rad = 1,2 röntgen.

Ainsi, substituer brutalement dans les normes le rad (et le rem) au röntgen revient à adopter lors de cette réunion de la CIPR de 1953, tout en gardant les mêmes nombres pour ses recommandations, des doses admissibles majorées de 20 %.

1. Le rapport de la CIPR détaille les organes considérés comme critiques pour les effets potentiels retardés:

– Peau

- Organes hématopoïétiques
- Gonades, en ce qui concerne la diminution de la fertilité
- Yeux, en ce qui concerne la cataracte

Si l'on compare cette liste à celle publiée dans les recommandations de 1950, on voit que certains effets ont disparu:

- les effets généraux sur le corps (seuls les effets sur le sang sont retenus)
- les tumeurs malignes ne sont pas mentionnées
- seules la cataracte et la diminution de la fertilité sont retenues parmi les autres effets nocifs; la diminution de la durée de vie disparaît
- les effets génétiques disparaissent

La Commission introduit peu de changements dans les limites admissibles:

- 0,3 rem par semaine pour les organes critiques (les organes hématopoïétiques, les gonades, les yeux)
- 0,6 rem par semaine pour la peau

2. Dans le rapport de la sous-commission II, le souci de protéger la population apparaît dans une courte remarque: «dans le cas d'une exposition prolongée d'une population importante il est recommandé que les niveaux admissibles acceptés pour les expositions professionnelles soient divisés par 10». Cela ne concerne pas les contaminations de courte durée ni les populations de faible importance numérique. Cette réduction d'un facteur 10 qui sera plus tard formalisée dans les recommandations de la CIPR ne s'applique pas aux irradiations externes de la population. Il n'y a guère de développement pour justifier scientifiquement ce facteur 10.

Rappelons que la radioprotection s'applique à l'exposition aux radiations provenant de l'activité humaine. Aussi «l'exposition prolongée» d'une population importante ne peut provenir que d'un fonctionnement anormal d'une installation nucléaire et on n'est pas loin de la notion de catastrophe nucléaire.

3. Le rapport de la sous-commission VI mentionne qu'il est urgent de préparer le plus tôt possible un rapport sur la manipulation des radioisotopes, sur les «déchets radioactifs» (c'est la première fois qu'on voit mentionnée cette expression), sur le transport des matériaux radioactifs. Ces aspects de l'activité nucléaire sont «regardés comme de la plus haute importance».

4. Les recommandations de la CIPR seront publiées en 1954.

V. LES RECOMMANDATIONS DE LA CIPR EN 1956 [9]

Les statuts régissant le travail de la CIPR précisent: «La ligne de conduite adoptée par la CIPR pour l'élaboration de ses recommandations est d'établir les principes fondamentaux de la protection contre les rayonnements et de laisser aux différents Comités de Protection nationaux le droit et la responsabilité d'adopter les réglements, recommandations ou codes de travail pratiques les mieux adaptés aux besoins de leurs pays respectifs».

Ce principe de non-ingérence dans les affaires nationales a été maintenu jusqu'à présent. Si les divers Etats peuvent adopter des doses limites supérieures aux recommandations de la CIPR pour mieux s'adapter à leurs besoins, les notions d'admissibilité, d'acceptabilité (adoptée plus tard) prises comme fondement des doses limites par la Commission n'ont ainsi guère de sens. La CIPR dans ses statuts admet qu'un Etat peut légitimement définir des doses limites que l'on devrait considérer comme inacceptables.

1. La CIPR constate que la dose considérée jusqu'à présent comme admissible était une «dose élevée» (0,3 rem par semaine, 15 rem par an, 750 rem pour 50 ans). La Commission affirme que dans l'industrie nucléaire les responsables ont pris des marges de sécu-

rité importantes (aucune valeur numérique concernant les doses effectivement reçues par les travailleurs n'est donnée pour étayer cette affirmation). Cependant elle craint « que la pression pour une production d'énergie plus économique puisse faire abandonner les *facteurs de sécurité* mentionnés plus haut» (art. 4). C'est la reconnaissance que la protection contre les rayonnements coûte cher. Doit-on comprendre qu'avant 1956 la pression économique sur l'activité nucléaire était inexistante?

2. La Commission devient beaucoup plus prudente vis-à-vis des effets biologiques.

- «La *restauration* joue peut-être un rôle moins important qu'on ne le supposait pour les effets à long terme» (Art. 4). C'est sur la restauration qu'étaient fondées les limites hebdomadaires. On retrouve là ce qui justifiait de définir une norme de débit de dose plutôt qu'une norme de dose cumulée.
- «[...] le dommage génétique prenait une importance plus grande» (Art. 4).
- «[...] des études statistiques avaient montré que l'incidence des leucémies était sensiblement plus importante chez les radiologues que chez les autres médecins.»

Aucune allusion n'est faite aux travailleurs de l'industrie nucléaire militaire pour lesquels la Commission pouvait avoir un recul d'une quinzaine d'années.

La notion de dose-seuil pour la leucémie est mise en doute: «On ne dispose pas pour cela de renseignements suffisants [pour la mesure de la dose-seuil et pour la restauration]».

La Commission conclut son article 5: «L'attitude la plus prudente serait d'admettre qu'il n'y a ni seuil, ni restauration, auquel cas même de faibles doses accumulées pourraient induire une leucémie chez certains individus prédisposés et l'incidence pourrait être proportionnelle à la dose cumulée. Il en est de même pour l'induction des tumeurs osseuses par les substances radioactives ostéotropes.»

- La Commission rapporte que les expérimentations sur des animaux soumis à des doses chroniques montrent un raccourcissement de durée de vie pour des doses élevées.
- Le but de la protection sera pour la leucémie «de réduire l'effet autant qu'il est pratiquement possible». (Art. 17)

3. Les effets génétiques: «[...] ce qui importe essentiellement en matière de dommage génétique (mis à part l'aspect de malheur individuel que cela représente) c'est le fardeau qu'imposerait aux générations futures un accroissement de la proportion d'individus porteurs de mutations délétères. Dans cet esprit, il est indifférent en fin de compte que les gènes défavorables soient introduits dans le patrimoine héréditaire par un petit nombre d'individus qui, ayant reçu des doses plus faibles, sont porteurs d'un nombre proportionnellement moins élevé de mutations.» (Art. 8).

Faisons trois remarques à ce propos:

- cette affirmation des effets génétiques admet implicitement l'absence de seuil;
- l'ensemble des dommages sur les générations futures dépend de ce qui, plus tard, sera défini comme la dose collective;
- l'«aspect de malheur individuel» sur les géniteurs irradiés est implicitement considéré comme secondaire.

Après de nombreux développements la CIPR propose une limite génétique de 5 rem (accumulée depuis la conception jusqu'à l'âge de 30 ans) «due à toutes les sources d'irradiation artificielles et à toutes les activités humaines impliquant une irradiation, à l'exception de l'irradiation à des fins médicales» (Art. 62-64). Cette limite n'est pas une limite applicable aux individus exposés mais est une valeur moyenne pour l'ensemble de la population. Elle est du ressort des gestionnaires sociaux et échappe à tout contrôle.

4. Ces approches nouvelles des effets biologiques du rayonnement conduisent la CIPR à modifier assez profondément les doses admissibles:

- Le débit de dose (0,3 rem par semaine) comme fondement des doses admissibles est abandonné au profit d'une dose cumulée sur de longues périodes
- Les doses admissibles sont réduites;
- Le système de doses admissibles proposées par la CIPR en 1956 devient plus complexe. Il distingue trois groupes d'organes:
  a) pour les organes hématopoïétiques, les gonades, le cristallin, la dose cumulée admissible est, jusqu'à l'âge N (en années):
  $$D\ (\text{rem}) = 5\ (N - 18)$$
  La dose admissible cumulée sur 13 semaines est de 3 rem. Ainsi, pour ces organes, la dose annuelle admissible est en moyenne de 5 rem avec cependant la possibilité d'atteindre 12 rem certaines années (3 rem sur 13 semaines) tant que la limite 5 (N – 18) n'est pas atteinte.
  b) pour la peau et la thyroïde, la dose admissible sur 13 semaines est de 8 rem soit 30 rem annuellement.
  c) pour les autres organes, la dose admissible sur 13 semaines est de 4 rem soit 15 rem annuellement.

En résumé: dans le cas d'une irradiation uniforme du corps entier c'est le premier groupe d'organes qui fixera la dose limite à 5 rem par an en moyenne. Cependant la limite ainsi formulée, généralement présentée comme égale à 5 rem par an, en fait est assez souple pour permettre de dépasser temporairement, même pendant des périodes assez longues ces 5 rem annuels en particulier pour les travailleurs embauchés à des âges supérieurs à 18 ans (ce qui est généralement le cas). Ainsi un employé embauché à 25 ans dans l'industrie nucléaire pourra absorber des doses admissibles de 12 rem par an pendant 3 ans avant d'atteindre la limite des doses cumulées admissibles; embauché à 30 ans à 12 rem/an il n'atteindra la limite admissible qu'après 5 ans.

Ce qui fixe la limite admissible c'est finalement la dose cumulée pendant la vie professionnelle.

5. Une nouvelle préoccupation apparaît dans la CIPR: «l'établissement de limites admissibles pour l'exposition des personnes demeurant au voisinage d'installations génératrices de rayonnement». (Art. 15)

- pour les enfants (l'âge n'est pas défini) des mesures doivent être prises pour ne pas dépasser 0,5 rem par an;
- pour «certains groupes d'adultes résidant dans le voisinage d'une zone contrôlée, on admet des doses annuelles 3 fois plus élevées (c'est à dire 1,5 rem/an) au niveau des gonades, des organes hématopoïétiques et des cristallins». (Art. 15).

Il est cependant précisé qu'il s'agit là de limites pour des «conditions normales de fonctionnement». Cela suppose implicitement que ces limites admissibles pourraient ne pas être respectées lors de conditions anormales de fonctionnement. Mais aucune précision n'est donnée pour définir ces notions de fonctionnement normal et anormal.

6. Le passage d'une limite de dose définie par un débit de dose hebdomadaire à une limite définie par une dose cumulée sur une longue période permet à la Commission de justifier une période de transition de 5 ans pour appliquer ces normes plus restrictives.

7. Dose somatique pour la population: «Il n'y a pas pour le moment, de recommandation spécifique concernant une dose maximale admissible *somatique* pour la population [...]». (Art. 66)

8. Enquêtes précédant la mise en service de zones contrôlées.

«Il faut procéder à un contrôle approprié de la radioactivité de l'air, du sol et de l'eau [dans le milieu ambiant] avant le début des opérations. On obtiendra ainsi une base pour juger de l'efficacité du contrôle des rayonnements à l'intérieur de la zone».

Cette pratique est ce qu'on appelle maintenant en France «faire le point zéro». Ce n'est que depuis peu d'années que ces contrôles sont effectués autour des installations nucléaires avant leur mise en service.

9. En 1959 un certain nombre de modifications et d'amendements aux recommandations de 1956 ont été apportés par la Commission. Deux d'entre eux sont intéressants à mentionner:

- «Les femmes en âge de procréer» sont ajoutées à la fin d'un article limitant l'importance des doses uniques;
- La Commission indique que les femmes enceintes «posent un problème de risque particulier dans le cas d'exposition professionnelle» à cause des dommages somatiques provoqués chez le fœtus. Mais aucune recommandation n'est faite pour tenir compte de cet effet.

VI. LES RECOMMANDATIONS DE LA CIPR EN 1958/1962

Ces recommandations seront présentées comme une révision amendée des recommandations de 1958 dans la publication CIPR 6:

1. Le cristallin n'est plus considéré comme un organe critique et pour lui la limite admissible passe de 5 rem/an à 15 rem/an (4 rem en 13 semaines).

2. La Commission prévoit que les effets somatiques sur des individus exposés aux limites admissibles peuvent être cachés par les variations biologiques normales et ne pourront être détectés que par des méthodes statistiques appliquées à des groupes importants. Mais dans ce domaine la CIPR ne présente aucune recommandation pour l'obtention de statistiques fiables, non biaisées par les exploitants ou les gestionnaires de la santé. Le texte reconnaît un peu plus loin que «les statistiques valables sont limitées» mais affirme que pour les travailleurs des générations antérieures et donc exposées à des doses plus élevées «les risques somatiques sont comparables à ceux de la majorité des métiers et professions». Aucune valeur numérique n'est avancée ni pour les risques mesurés jusqu'à présent chez les travailleurs de l'industrie nucléaire, ni pour les activités autres que nucléaires.

3. La limite de dose pour les effets génétiques (5 rem/30 ans pour les gonades de la population dans son ensemble) peut être considérée comme «tolérable et justifiée en raison des bénéfices escomptés provenant de l'expansion des applications pratiques de l'énergie atomique».

Rappelons que ces effets génétiques sur la population qui sont pris en compte ici contribuent à l'accroissement du fardeau génétique qui pèsera sur les générations futures alors que les bénéfices escomptés ne concernent éventuellement que la génération présente.

Aucune valeur numérique n'est avancée pour évaluer et justifier ce fardeau génétique.

4. L'abdomen des femmes en âge de procréer est considéré comme un organe critique pour l'activité professionnelle car la Commission lui fixe une dose admissible de 1,3 rem/13 semaines (5 rem/an) comme les organes critiques tels que les gonades et les organes hématopoïétiques. La Commission reconnait la radiosensibilité particulière du fœtus pendant les deux premiers mois de son existence. Il est recommandé que l'irradiation du fœtus pendant le reste de la grossesse ne dépasse pas 1 rem.

La CIPR met en garde les radiologistes lorsqu'ils doivent examiner des femmes qui

peuvent être enceintes. Il faudra attendre encore des années avant que cette recommandation n'ait un écho dans le corps médical.

5. La Commission aborde le problème des accidents avec contamination de l'environnement; dans ce cas «les expositions peuvent ne pas être maîtrisables, le concept d'une dose maximale fixe cesse donc d'avoir un sens». Il s'agit alors «de mettre en balance les risques du rayonnement et les risques de contre-mesures particulières».

La Commission reconnaît implicitement que l'accident nucléaire de grande ampleur est possible et qu'il doit être envisagé. Elle n'a pas porté attention à la contradiction inhérente à ses recommandations. Si la contamination n'est pas maîtrisable on ne voit pas ce qu'il est possible de faire. Si on peut mettre en balance détriments et contre-mesures c'est que cette contamination est en grande partie maîtrisable. Il est évident qu'il n'y a pas grand chose à faire pour anéantir la contamination d'une région résultant d'un accident nucléaire, mais l'évacuation de la population ou la fourniture de nourriture non contaminée peut réduire, donc maîtriser les effets de cette contamination accidentelle.

Un peu plus loin «la Commission reconnait qu'il demeure beaucoup de difficultés et d'incertitudes à considérer». Il s'agit là essentiellement des problèmes liés à l'ingestion et à l'inhalation par la population des radioéléments contaminant l'environnement à la suite d'un accident.

Ainsi il faut mettre en balance des risques du rayonnement mal évalués avec des risques de contre-mesures non explicités. Il est facile de se rendre compte que les risques du rayonnement affecteront la santé de la population alors que les risques des contre-mesures seront de nature financière. On voit donc que dès 1962 la Commission prend conscience des problèmes que poseraient les accidents nucléaires mais avoue son incapacité de proposer une gestion «acceptable» de ces accidents.

La contamination interne: les concentrations maximales admissibles (CMA).

Il s'agit de limiter l'incorporation de radionucléides par ingestion et inhalation afin de respecter les limites de dose tant pour le corps entier que pour les organes critiques.

La publication de 1950 avait défini les charges corporelles maximales admissibles pour quelques radioéléments (11 en tout) et, pour 8 d'entre eux, 14 *niveaux maximum admissibles* (6 pour l'air et 8 pour l'eau). Les fondements biologiques expérimentaux sont assez légers, voire inexistants.

En 1959 la publication CIPR 2: «Rapport du Comité II sur la dose admissible en cas d'irradiation interne» apporte des précisions sur ces problèmes. Pour déterminer la Concentration Maximum Admissible relative à l'ingestion d'eau (CMA eau) et celle relative à l'inhalation d'air (CMA air) les experts élaborent des modèles de rétention et d'élimination pour chaque radionucléide par les différents organes et tissus du corps pour un «homme standard». Le travailleur a des spécificités par rapport au non-travailleur du point de vue du débit respiratoire et de la consommation d'eau. Les valeurs de CMA sont calculées d'une part pour une exposition professionnelle au rythme de 40 heures par semaine, 50 semaines par an pendant une période de travail continue de 50 ans, d'autre part pour une exposition permanente, c'est à dire pour 168 heures/semaine pendant 50 ans. (Ce sont ces dernières valeurs qui servent à établir les CMA trente fois plus faibles pour le public).

On trouve exposées dans ce rapport des formules mathématiques avec fonctions exponentielles et fonctions puissance aux équations compliquées censées représenter le métabolisme des radioéléments. Elles supposent un modèle «à compartiments» c'est à dire qu'à chaque organe on attribue une période biologique et on admet que le radionucléide qui se concentre dans cet organe est éliminé à taux constant. Il est reconnu que ce

modèle est très simpliste mais on ne peut faire mieux car « pour la plupart des radionucléides on manque de données humaines [...]. Parfois on ne dispose même pas de données animales et des estimations sont faites avec des éléments ayant un comportement chimique similaire. » Il est dit que dans quelques cas « certains radionucléides ont été administrés à des personnes en thérapeutique, dans d'autres cas des accidents ont entraîné l'absorption de radionucléides dans l'organisme » sans plus de précisions [8].

Quelques réserves affleurent parfois. Ainsi il est remarqué que l'individu et l'homme standard ne coïncident pas, que charge corporelle et CMA dépendent de l'âge, des habitudes alimentaires, des conditions physiques, de l'hygiène etc. La synergie est évoquée lorsque plusieurs radionucléides se fixent sur des organes différents du corps mais on n'en tient pas compte. Ces considérations n'ont pas été approfondies par la suite et pourtant il semble bien que toute la vision mécaniste de l'être humain envisagé comme une superposition de « compartiments » où les radionucléides se concentrent plus ou moins selon leur affinité à l'organe, sans interactions les uns sur les autres ni des compartiments, ni des divers radionucléides s'il y a contamination par plusieurs radioéléments, tout cela aurait mérité un peu plus de réflexion.

C'est l'édifice complet de la radioprotection qui est désormais en place dans cette publication CIPR 2 avec de nombreuses données numériques (l'homme standard et les paramètres biologiques, les chaines de filiation des radionucléides et les énergies impliquées etc.). Des tableaux donnent les valeurs recommandées pour la quantité maximale admissible dans l'organisme entier, les concentrations maximales admisibles pour l'air et l'eau (CMA air) et (CMA eau) pour plus de 200 radionucléides dont les iodes, césium, strontium, cobalt, plutonium, etc.)

Si l'on compare les valeurs de CMA de 1959 aux 14 valeurs maximales admissibles disponibles en 1950 on constate que si l'une est inchangée et deux autres diminuées, les 11 autres (soit plus de 75 %) correspondant à 7 radionucléides ont toutes été *augmentées,* la CMA eau du plutonium 239 est multipliée par 66, celle du cobalt 60 par 100 !

Ainsi on voit que les nouveaux modèles mathématiques très flexibles qui ont été mis au point peuvent permettre d'augmenter considérablement les CMA donc de diminuer la radioprotection des travailleurs.

Dans la CIPR 6 de 1962 la Commission complète et rectifie les données de 1959. Elle donne des valeurs numériques pour les charges corporelles, les concentrations maximales admissibles dans l'eau et dans l'air, les durées de vie biologique, certains paramètres concernant le métabolisme (21 tableaux pleines pages).

Les tableaux explicitent ces limites pour les composés solubles et les composés insolubles du strontium 90 qui sont inchangées par rapport à 1959, celles des isotopes de l'uranium (du 230 au 240), des plutonium 243 et 244 (les 239,240, 241 sont absents) puis de tous les éléments qui suivent dans la classification périodique des éléments, de l'américium jusqu'au fermium 256. Ces évaluations proviennent des modèles mathématiques mis au point par la Commission et qui, pour aucun des éléments exotiques des tableaux, ne pouvaient être validées par l'observation d'effets spécifiques sur les êtres humains ni même par une expérimentation animale. On comprend mal l'absence de l'isotope le plus courant du plutonium (Pu 239).

VII. LES RECOMMANDATIONS DE 1965 (CIPR 9)

La sous-commission I (chargée des effets du rayonnement) rédige pour la Commission principale un rapport sur l'évaluation des risques du rayonnement [10]. Les recommandations furent adoptées le 17 septembre 1965 (CIPR 9) [11]. Dans l'introduction les expres-

sions «risque acceptable» et «niveau acceptable» apparaissent pour la première fois sans explication mais le reste du texte s'en tient généralement au concept d'«admissibilité».

Le rapport analyse très en détail toutes les études disponibles sur les effets du rayonnement, les effets somatiques et les effets génétiques. Il s'agit là des effets des *faibles doses de rayonnement.* Les risques pris en considération sont:

- les risques somatiques pour la génération irradiée;
- les risques génétiques pour la première génération de la descendance des personnes irradiées;
- les risques génétiques pour les générations suivantes. Ces risques n'apparaissant que dans un avenir lointain concernent la population dans son ensemble et non pas les individus irradiés exclusivement.

Les estimations quantitatives proviennent de trois sources: les survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki [12], les malades irradiés pour des spondylarthrites ankylosantes, les enfants irradiés *in utero* lors d'un examen par rayons X de la mère au cours de la grossesse.

Les experts de la CIPR mentionnent que dans ces études il est difficile d'avoir des données exactes, qu'il s'agisse des doses reçues pour les survivants des bombes A ou de la modification de l'état de santé des malades au cours des traitements des spondylarthrites. Les experts, à l'évidence, ne pourront donner de résultats numériques que «si ces difficultés sont ignorées».

En ce qui concerne le détriment génétique, il n'est pas possible d'additionner toutes ses diverses composantes car elles ne s'expriment pas avec la même unité (avortement spontané, mortalité à la naissance, infirmité mentale ou physique etc.).

La conclusion du rapport donne quelques précisions sur les estimations quantitatives des risques (ce qui suppose que les difficultés évoquées précédemment ont été ignorées):

1. Il ne faut pas s'attendre à une grande précision. Il est préférable de définir l'ordre de grandeur des risques. Un risque d'ordre 5 correspondra à une probabilité comprise entre 10^{-5} et 10^{-4} ($10 \cdot 10^{-5}$). Le rapport ne précise pas si, pour fixer les doses maximales admissibles, il faut prendre la valeur minimum, la moyenne ou le maximum de la plage.

2. Les facteurs de risque retenus pour les cancers mortels est d'ordre 5 à la fois pour les leucémies et les tumeurs solides. Pour l'ensemble des cancers le risque est, d'après le rapport, égal à $4 \cdot 10^{-5}$/rad. Cependant en prenant le texte à la lettre et sa définition de l'ordre il pourrait être égal à $4 \cdot 10^{-4}$.

3. De plus il est dit que ces valeurs sont déduites d'un modèle linéaire (entre l'effet et la dose) et pourraient considérablement surestimer le risque pour les faibles doses de rayonnement. Ceci enlève beaucoup de validité aux estimations quantitatives de la CIPR donc à la pertinence de ses recommandations.

4. Pour les autres industries le risque professionnel est estimé. Il se situe dans une fourchette entre 100 et 200 par an pour 1 million de travailleurs (soit 1 à $2 \cdot 10^{-4}$/an) pour l'ensemble de l'industrie d'après les statistiques effectuées en Angleterre. Ainsi le risque cancérigène du rayonnement pour 1 rad/an, $4 \cdot 10^{-5}$, est bien inférieur au risque professionnel rencontré dans les autres industries. Dans cette évaluation la Commission ne prend pas en considération le fait que le risque professionnel des autres industries de 1 à $2 \cdot 10^{-4}$ par an est une valeur *observée* et non un ordre de grandeur et que le risque cancérigène, si l'on prend la borne supérieure de l'estimation, pourrait être 10 fois plus élevé, de $4 \cdot 10^{-4}$. C'est peut être la raison pour laquelle il est à nouveau indiqué que «les présentes estimations doivent être considérées comme des limites supérieures».

En conclusion du rapport il est admis qu'en moyenne les travailleurs de l'industrie

nucléaire reçoivent environ 0,5 rem/an. Ceci bien sûr rétablit le facteur 10 qui pourrait manquer dans la comparaison avec les autres industries sans qu'il soit besoin de réduire les limites maximales admissibles d'un facteur 10. Quant aux travailleurs qui pourraient être exposés pendant de longues périodes à des doses voisines de la dose de 5 rem/an recommandée par la Commission, ils sont peu nombreux et leur risque serait dix fois plus élevé.

Le fait de définir les limites de dose à partir du risque de mortalité dans les autres industries, procédure qui sera reprise et précisée en 1977 (CIPR 26), implique que si le facteur de risque cancérigène du rayonnement augmente ou si le risque d'accidents mortels dans l' industrie diminue, la limite de dose acceptable doit impérativement diminuer proportionnellement. Ce critère est redoutable et ne pourra être retenu: la CIPR 60 de 1990 sera obligée de l'abandonner.

5. La Commission fonde ses recommandations sur l'hypothèse prudente que toute irradiation peut produire des effets somatiques et héréditaires. Mais elle insiste sur le fait que cette hypothèse est très «conservatrice» (*conservative* en anglais) et qu'il pourrait y avoir pour certains effets des seuils de dose en dessous desquels ces effets n'apparaîtraient pas. Pour ces effets les limites de dose n'auraient donc logiquement aucun sens.

6. «Si la relation quantitative entre la dose et le risque d'un effet était connue, les sociétés et les individus pourraient juger le degré de risque qui serait acceptable» [...] «un tel jugement impliquerait de mettre en balance les bénéfices ou les nécessités d'une pratique avec le risque d'une irradiation donnée». Mais comme cette relation entre la dose et le risque n'est pas connue avec précision il n'est pas possible de juger de l'acceptabilité d'un niveau de dose donné. C'est probablement la raison pour laquelle la Commission préfère le concept d'admissibilité à celui d'acceptabilité.

7. En cas d'irradiations non maîtrisables la notion de *limite maximale admissible* perd son sens. «Dans de tels cas, les dangers ou le coût social impliqués dans les contre-mesures doivent être justifiés par la réduction du risque qui en résulterait». Aucune précision n'est fournie sur la façon d'effectuer de tels calculs. L'absence de contre-mesures n'a pas, elle, à être justifiée !

Les coûts sociaux d'une contre-mesure sont faciles à évaluer en terme d'argent, la justification évoquée ici impliquerait d'évaluer la réduction du risque avec la même unité, l'*argent.* Ce genre d'approche ne sera faite que plus tard par la CIPR.

8. La dose maximale admissible pour les gonades, les organes hématopoïétiques et l'irradiation uniforme du corps entier est fixée à 5 rem/an. Mais cette dose peut être dépassée à condition de respecter la relation $D = 5 (N - 18)$ des anciennes recommandations.

Pour les autres organes: seins, poumons, os, 15 rem; thyroïde 30 rem; mains, chevilles, avant-bras 75 rem; reste de l'organisme 15 rem.

9. Pour les membres du public la limite annuelle de dose est fixée à 1/10 ème de la limite professionnelle. (1,5 rem pour la thyroïde des enfants de moins de 16 ans). Aussitôt après cette recommandation la Commission précise qu'il est possible de la violer. «Cependant, aux très bas niveaux de risque impliqués, il est probable que la conséquence pour la santé est mineure si la limite de dose est dépassée légèrement ou même d'une façon substantielle.»

Si l'on peut dépasser les limites de doses recommandées même d'une façon «substantielle» on ne voit guère le sens qu'il faut attribuer à ces limites pour la protection du public.

En résumé: Ces nouvelles recommandations apportent pour la première fois une quantification du risque pour les cancers mortels radioinduits et amorcent une réflexion sur

le concept d'«acceptabilité». Quant aux limites de doses il n'y a guère de changement si ce n'est que la dose limite D = 5 (N-18) d'un travailleur dont l'âge est N, passe au second plan au profit d'une limite de dose annuelle de 5 rem/an.

VIII. LES RECOMMANDATIONS DE 1977 (CIPR 26)

Les recommandations de 1965, publiées en 1966 sont amendées en 1969 et 1971 mais la révision des recommandations adoptées par la CIPR en 1977 [13] apporte des vues nouvelles sur le système de radioprotection bien que les limites maximales de dose demeurent inchangées pour une irradiation uniforme de l'ensemble du corps [14].

La publication CIPR 26 de 1977 tente de rationaliser l'ensemble du système de radioprotection élaboré jusqu'alors afin de le rendre cohérent. Mais cette recherche de la cohérence permettra d'augmenter le risque «acceptable» pour certaines irradiations.

1. Les principes généraux

En introduction la CIPR réaffirme comme à l'accoutumée son souci de demeurer suffisamment vague pour permettre aux instances nationales d'adopter «ce qui convient le mieux à leurs besoins respectifs». Enfin la CIPR réaffirme le cadre qu'elle s'est donné: «la protection contre les rayonnements a pour but de protéger les individus, leurs descendants et le genre humain dans son ensemble, tout en permettant d'exercer des activités qui sont nécessaires» (Art. 5). Ainsi la «nécessité» de l'industrie nucléaire, affirmée sans justifications, sera donc une limitation pour la protection des individus et du genre humain. Il est facile de constater que les normes de radioprotection n'ont en rien entravé le développement de l'activité nucléaire (civile et militaire).

L'article 12 précise les principes qui devraient guider les responsables de la radioprotection:

a) aucune pratique ne doit être adoptée à moins que son introduction ne produise un bénéfice net positif;

b) toutes les expositions doivent être maintenues au niveau le plus bas que l'on pourra raisonnablement atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux;

c) l'équivalent de dose reçu par les individus ne doit pas dépasser les limites recommandées par la Commission.

Et l'article 68 précise:

«La Commission recommande un système de limitations des doses qui vise essentiellement à garantir qu'aucune source d'exposition ne soit injustifiée par rapport à ses avantages ou à ceux de tout autre pratique utilisable dans le même but, que toute exposition nécessaire soit maintenue à la valeur la plus faible qu'on puisse raisonnablement atteindre.»

Ces contraintes ne sont en fait que des vœux pieux qui ne peuvent entrer dans le cadre d'une quelconque législation. Le «bénéfice» net évoqué ici n'est pas précisé. Plus loin il est indiqué que ce bénéfice devrait affecter les individus irradiés ou la société dans son ensemble. Ainsi l'intérêt de la collectivité (évalué par les experts de l'Etat) peut être opposé à l'intérêt d'un individu pour autoriser son irradiation. Le «bénéfice» d'une non-irradiation ne peut guère se quantifier, par contre le coût qu'impliquerait une protection rigoureuse est facilement quantifiable par les exploitants nucléaires: la radioprotection pourrait coûter cher si l'on ne tenait compte que de la protection des individus. Les «facteurs économiques et sociaux» détermineront les limites «raisonnables» de la radioprotection. Ces principes sont clairement explicités par la CIPR.

D'autre part, d'après la CIPR, on pourrait se considérer en droit d'exiger, en cas de

litige avec des pollueurs en radioactivité, que ceux-ci fournissent une justification de leurs pratiques. Que faire quand ils ne peuvent pas fournir de justification? Depuis quelques années on a découvert en France des décharges sauvages (véritables dépotoirs) émanant du Commissariat à l'Energie Atomique, d'un grand nombre d'industriels et de laboratoires de savants fort éminents. A la suite de quoi, pour toute réplique, les autorités officielles se sont contentées de dresser un inventaire de toutes les décharges clandestines illégales. Les responsables auraient pu avancer que ces dépotoirs sauvages avaient économisé beaucoup d'argent à la communauté ce qui compensait les détriments éventuels sur la santé de la population (cancers, défauts génétiques).

2. Le détriment

La CIPR sépare les effets du rayonnement en deux catégories:

a) les effets déterministes; ils apparaissent au-dessus d'un certain seuil de dose qui dépend de l'effet considéré (par exemple une radiodermite) et pour des doses relativement élevées. Leur gravité dépend de l'importance de la dose.

b) les effets stochastiques; c'est la probabilité d'apparition de l'effet et non sa gravité qui est fonction de la dose, sans seuil. Aux niveaux de doses faibles intéressant la radioprotection les effets héréditaires sont considérés comme stochastiques. Parmi les effets somatiques, ce sont les cancers qui représentent le principal risque et la CIPR ne s'intéresse ici qu'aux cancers mortels. Le niveau de gravité n'intervient donc pas puisqu'il s'agit du stade de la mort.

Le système de radioprotection recommandé se fixe comme objectif de protéger les individus contre tout effet nocif déterministe et de limiter les probabilités des effets stochastiques à des niveaux jugés acceptables (Art. 9).

Pour les effets stochastiques, qui dépendent à la fois des doses reçues et des individus considérés comme moyennés dans un groupe, le facteur de risque donne le nombre d'effets héréditaires graves et le nombre de cancers mortels.

Remarquons que souvent l'expression «effet stochastique» est interprétée comme étant synonyme d'un «effet incertain». Ce genre d'effet, s'il est incertain au niveau d'un individu irradié particulier faisant partie d'un groupe, est par contre bien déterminé pour le groupe d'individus irradiés (dans un intervalle de probabilité significatif): pour ce groupe on connait le nombre de cancers mortels avec sa marge d'erreur mais on ne sait pas *qui* sera atteint. Dans ce cas l'incertitude est limitée par des considérations statistiques mais l'effet n'est en aucun cas incertain comme de nombreux radioprotectionnistes l'affirment dans leurs discours médiatiques.

La CIPR, dans un court paragraphe, traite des enfants et fœtus. «L'exposition avant la naissance ou au cours de l'enfance peut gêner la croissance et le développement ultérieurs [...]. Il semble que la prédisposition à l'induction de certaines affections malignes soit plus élevée au cours de la période prénatale et de l'enfance que dans l'âge adulte.» (Art. 65). Il n'y aura pourtant aucune quantification du risque accru de ces groupes à risque et pas de limites de doses particulières comme par exemple les niveaux de contamination de la nourriture en cas d'accident nucléaire.

Puisque pour les cancers seule compte l'issue fatale, le détriment considéré par la CIPR élimine tous les effets de morbidité. Les tumeurs malignes soignables par radiothérapie, chimiothérapie ou chirurgie ne font pas partie du détriment. Tant pis si l'ablation de la thyroïde entraîne des troubles de développement moteur et mental chez les enfants, si elle doit être compensée par la prise constante de médicaments.

En ce qui concerne le raccourcissement de la durée de vie par d'autres effets que l'induction de tumeurs, sa mise en évidence «n'est

pas concluante et ne peut pas être utilisée sur le plan quantitatif» (Art. 67).

Quant aux effets génétiques, rien dans cette publication ne définit ce que la CIPR appelle des affections héréditaires graves.

3. L'acceptabilité du détriment

La Commission a désiré fonder ses limites de dose sur des critères objectifs, quasi-naturels et dont l'acceptabilité irait de soi et ne nécessiterait aucune discussion avec ceux qui doivent subir le détriment des irradiations: les travailleurs de l'industrie nucléaire et les individus de la population.

a) L'acceptabilité professionnelle est définie de la façon suivante: aucun travailleur ne soulève de problème de sécurité professionnelle lorsqu'il travaille dans l'industrie la plus sûre. Si les normes de radioprotection font de l'industrie nucléaire une industrie encore plus sûre que l'industrie la plus sûre, il est évident que personne ne pourra se plaindre. La CIPR a adopté pour l'industrie la plus sûre un risque de mortalité professionnelle de 1 mort par an pour 10 000 travailleurs.
On peut contester cette valeur. D'après les évaluations officielles publiées en Angleterre pour la période 1974-1978, l'industrie du vêtement, industrie la plus sûre, conduisait à un risque 20 fois inférieur. Le risque pris comme référence par la CIPR est voisin de celui de l'industrie chimique française qui est loin de représenter ce qu'on fait de plus sûr comme activité industrielle.
En résumé: la CIPR recommande à l'industrie nucléaire de ne pas tuer par an plus d'un travailleur sur 10 000.

b) L'acceptabilité du risque nucléaire pour la population. Le raisonnement est analogue mais la CIPR prend comme risque «naturel», donc acceptable, celui des transports publics soit, d'après la Commission, de 1 à 5 accidents mortels chaque année par million de personnes transportées. En fait, ce risque dit acceptable n'est en réalité qu'une nécessité qui nous est imposée par les conditions d'exploitation des transports publics. Quand un accident grave d'avion ou de train se produit avec des morts et des mutilés, personne n'ose dire que ce sont là des accidents tout à fait acceptables. Un renforcement des mesures de sécurité pour les éviter n'est pas considéré par les usagers comme non raisonnable.

Cette façon de définir l'acceptabilité du risque nucléaire permet à la CIPR de présenter les limites maximales acceptables d'une façon rationnelle sans qu'il soit nécessaire de consulter ceux qui devront subir les détriments. La dose annuelle maximale admissible sera le rapport du risque acceptable (probabilité acceptable de surplus annuel de mortalité) par le facteur de risque du détriment (probabilité du détriment, la mort par cancer par unité de dose). Ceci étant fixé, on pourrait s'attendre à ce que toute modification de l'un des deux termes se répercute automatiquement sur la limite acceptable. On verra que la CIPR ne pourra pas appliquer rigoureusement sa définition du risque acceptable et que, plus tard, obligée d'augmenter le facteur de risque elle abandonnera la façon de calculer la limite de dose acceptable. La CIPR sera obligée de modifier les règles de son propre jeu au fur et à mesure de l'évolution des données sur le facteur de risque de cancer.

4. Les facteurs de risque du rayonnement

Le facteur de risque relatif aux effets biologiques est l'une des clés pour l'établissement de normes de radioprotection. La Commission s'appuie sur l'hypothèse «qu'il existe pour les effets stochastiques [cancers et effets génétiques] une relation linéaire sans seuil entre la dose et la probabilité d'apparition d'un effet». (Art. 27)

Cependant la Commission considère que «La relation qui existe entre la dose reçue par l'individu et un effet biologique déterminé constitue un sujet complexe dont l'éclaicissement exige encore beaucoup de travail». (Art. 27) Cela laisse entendre qu'une révision du facteur de risque du rayonnement est possible, probablement en baisse dans la pensée des experts de la Commission car la complexité évoquée ici concerne l'existence ou la non existence d'un seuil de dose en dessous duquel il n'y aurait aucun effet biologique ou que la relation effet/dose, dans le domaine des faibles doses ne serait pas linéaire mais quadratique (dans ce cas le risque par unité de dose diminuerait quand la dose diminue).

Tout en admettant, pour fixer les limites acceptables, l'existence d'une relation linéaire effet/dose sans seuil la Commission insiste beaucoup sur le fait qu'il s'agit là probablement d'une surestimation du risque et que les limites qu'elle propose correspondent à une limite supérieure du risque. Elle en déduit «qu'il devient important de reconnaître qu'elle peut conduire à une surestimation des risques dus aux rayonnements, laquelle à son tour pourrait conduire au choix d'alternatives plus dangereuses en elles-mêmes que les pratiques entraînant une exposition aux rayonnements». (Art. 30).

Dans ces conditions on ne comprend pas très bien l'intérêt des limites de doses recommandées par la Commission car elle propose elle-même aux exploitants nucléaires de ne pas les respecter éventuellement si cela s'avère nécessaire.

En 1986 de nombreux experts se sont appuyés sur ce genre d'argument pour affirmer que la catastrophe de Tchernobyl ne causerait aucun mort par cancer.

5. Une nouvelle unité, le sievert

La Commission adopte la nouvelle unité d'équivalent de dose, le sievert (Sv): 1 Sv = 100 rem ce qui ne va pas faciliter les explications grand public alors que cette nouveauté n'apporte rien sur le plan scientifique.

6. Le «détriment», risque cancérigène et risque génétique

Le rapport ne donne qu'un ordre de grandeur 10^{-2}/Sv (10^{-4}/rem) pour le risque global d'une irradiation uniforme du corps. Il détaille ensuite le risque cancérigène pour chaque organe.On obtient le risque global en additionnant l'ensemble des risques pour les différents organes.

- le risque cancérigène pour une irradiation uniforme de l'ensemble du corps est: $1{,}25 \cdot 10^{-2}$/Sv (ou $1{,}25 \cdot 10^{-4}$/rem).
- le risque dû aux effets héréditaires pour les deux premières générations est: $4 \cdot 10^{-3}$/Sv (ou $0{,}4 \cdot 10^{-4}$/rem).
- le risque dû aux effets héréditaires pour l'ensemble de toutes les générations: $8 \cdot 10^{-3}$/Sv (ou $0{,}8 \cdot 10^{-4}$/rem). Cela donne un détriment total de $1{,}65 \cdot 10^{-2}$/Sv ($1{,}65 \cdot 10^{-4}$/rem) pour les travailleurs et $2{,}05 \cdot 10^{-2}$/Sv ($2{,}05 \cdot 10^{-4}$/rem) pour les individus du public.

7. L'équivalent de dose effectif

Dans les recommandations précédentes la Commission considérait les gonades et les organes hématopoïétiques comme des organes critiques et recommandait pour eux une limite de dose annuelle (travailleurs) de 5 rem soit 50 millisievert dans la nouvelle unité (50 mSv). Elle recommandait aussi une limite de 5 rem/an pour une irradiation uniforme de l'ensemble du corps et d'autres limites pour les autres organes (10 fois moins pour le public). Ce système était peu cohérent car le risque d'une irradiation globale du corps se trouvait être identique à celui de l'irradiation d'un organe ou tissu particulier critique.

La CIPR va rendre son système cohérent en affectant à la dose absorbée par chaque

organe un coefficient w_T. C'est la somme des doses pondérées par les w_T des divers organes et tissus qui donnera ce qui est dénommé «équivalent de dose effectif». Ainsi la limite de dose annuelle pour l'irradiation localisée à un seul organe sera égale à la limite pour l'ensemble du corps divisée par w_T soit (50 mSv/ an: w_T) ou (5 rem: w_T).

D'autre part, pour éviter l'apparition d'effets déterministes (non stochastiques) la CIPR fixe pour chaque organe une limite de 0,5 Sv/an (50 rem/an).

C'est la plus faible de ces deux limites qui sera adoptée comme limite maximale acceptable pour chaque organe.

8. Les doses maximales acceptables

Il se pose un problème de logique car le détriment global comporte deux termes, le risque cancérigène qui exprime un nombre de morts alors que l'autre terme, le risque génétique, exprime un effet grave (sans que la gravité ait été précisée. Est-ce aussi un risque mortel ? On peut le supposer). En appliquant la règle que la Commission s'est fixée pour établir la limite des risques acceptables de 10^{-4} morts/an pour les travailleurs et de 10^{-5} à 10^{-6} morts par an pour le public les doses maximales acceptables deviendraient:

- pour les travailleurs, 10^{-4}/an: 1,65 10^{-2}/Sv = 6 mSv/an (0,6 rem/an).
- pour la population, 10^{-5}/an: 2,05 10^{-2}/Sv = 0,5 mSv/an (0,05 rem/an), borne supérieure du risque acceptable, 10^{-6}/an: 2,05 10^{-2}/Sv = 0,05 mSv/an (0,005 rem/an), borne inférieure du risque acceptable.

En réalité la CIPR ne peut pas appliquer strictement les règles qu'elle s'est elle-même fixées. Les limites dites acceptables de l'équivalent de dose effectif sont fixées à:

a) pour les travailleurs: 50 mSv/an (5 rem/an)

b) pour la population: 5 mSv/an (0,5 rem/an)

Ainsi en appliquant ses propres règles on peut dire que les doses acceptables recommandées par la CIPR correspondent à environ dix fois ce qu'elle considère elle-même comme «acceptable» !

Pour retrouver une certaine cohérence la CIPR doit introduire de nouveaux concepts qui sont en contradiction avec des conditions fixées au départ, comme par exemple la protection individuelle sur une base de risque annuel.

Pour les travailleurs

«Dans de nombreux cas d'exposition professionnelle où le système de limitation des doses de la Commission a été appliqué, l'équivalent de dose moyen annuel obtenu n'est pas supérieur au dixième de la limite annuelle». La CIPR ajoute: «L'application d'une limite d'équivalent de dose procure donc au travailleur moyen du groupe [souligné par nous] une protection nettement meilleure que celle qui correspondrait à la limite». (Art. 99)

La définition du travailleur moyen est vague. S'agit-il de la moyenne de ceux qui travaillent en permanence en zones actives ou s'agit-il de la moyenne du personnel total de l'exploitation nucléaire généralement répertorié comme travailleur sous rayonnement ?

La CIPR admet que certains individus du groupe peuvent être exposés à des doses voisines des limites acceptables mais «il est peu probable que les travailleurs qui sont exposés à des niveaux proches des limites d'équivalent de dose reçoivent des doses de cet ordre au cours de chaque année de leur vie professionnelle et le risque total couru par chaque travailleur serait déterminé par l'équivalent de dose qu'il pourrait recevoir au cours de sa vie entière». (Art. 101)

Sans l'expliciter clairement, la CIPR fonde ses recommandations sur un risque annuel moyen pour l'ensemble des travailleurs d'une installation nucléaire ou sur un risque individuel accumulé pendant la vie professionnelle, alors qu'elle utilise pour son critère d'acceptabilité le risque annuel individuel

dans l'industrie la plus sûre. Cette façon de procéder lui permet de réintroduire le facteur 10 qui lui manquait. Pour justifier ce facteur 10 au-dessus du risque défini comme acceptable, la Commission modifie brutalement son concept d'acceptabilité: «Une exposition de longue durée d'une proportion importante des travailleurs aux limites d'équivalent de dose ou à des niveaux proches de celles-ci, ne serait acceptable que si une analyse coût-avantages approfondie montrait que le risque plus élevé qui en résulte était justifié.» (Art. 102) Il est évident qu'une analyse coût-avantages montrera que ces doses élevées conduisent pour l'exploitant à des économies alors que les coûts sont nuls puisque ces doses ne dépassent pas les limites recommandées donc n'entreront pas dans d'éventuelles indemnisations de maladies professionnelles.

Pour la population

Là aussi il y a un facteur 10 au-dessus de l'acceptabilité définie par la CIPR. «L'application d'une limite de dose de 5 mSv [0,5 rem] aux personnes du public conduira probablement à des équivalents de dose moyens inférieurs à 0,5 mSv, à condition que les pratiques qui sont à l'origine d'une exposition du public soient peu nombreuses et n'entraînent qu'une exposition faible à l'extérieur des groupes critiques». (Art. 120) De plus, «comme les expositions au niveau de la limite d'équivalent de dose ne seront probablement pas répétées pendant un grand nombre d'années, il sera encore possible de limiter de manière satisfaisante la dose reçue au cours de la vie». (Art. 122)

Là encore à propos de l'acceptabilité la CIPR abandonne le critère de protection annuelle acceptable pour les individus du public au profit à la fois d'une moyenne sur les individus et d'une moyenne dans le temps en acceptant que les individus des groupes critiques de la population puissent être soumis à des risques 10 fois supérieurs au risque acceptable. De cette façon la CIPR récupère le facteur 10 qui lui manquait.

9. Du bon usage de l'équivalent de dose effectif

Ou comment la CIPR réussit à diminuer les facteurs de sécurité apportés par le système de radioprotection tout en réduisant la limite de dose acceptable.

Nous avons vu précédemment que les limites recommandées s'appliquent à l'équivalent de dose effectif c'est à dire à la somme des doses pondérées des organes et tissus. Inversement, la dose maximale acceptable pour l'irradiation d'un seul organe ou tissu s'obtient en divisant l'équivalent de dose effectif maximum (limite stochastique) soit 50 mSv/an (5 rem/an) par le coefficient w_T de cet organe et ne doit pas dépasser 0,5 sievert (limite non stochastique). Dans le cas contraire c'est la limite non stochastique de 0,5 Sv (50 rem) qui devient la dose maximale acceptable. Les valeurs correspondant aux différents organes et tissus caractérisés par leur coefficient w_T sont donnés dans le tableau de la page 58.

Ainsi la CIPR établit la cohérence de son système de radioprotection non pas en conservant les limites acceptables d'irradiation des divers organes et en diminuant la limite de l'irradiation uniforme du corps mais en faisant l'inverse avec pour conséquence une réévaluation à la hausse des doses maximales relatives à l'irradiation des différents organes.

La détermination de l'équivalent de dose effectif (dose corps entier) à partir des w_T définis en 1977 et des limites de dose pour des organes critiques définies par la CIPR 9 en 1966, donnerait, en prenant la mœlle osseuse comme référence (5 rem soit 0,05 Sv) une limite de dose pour le corps entier de 5 rem · 0,12 = 0,6 rem/an (0,006 Sv/an) soit *8 fois moins que la limite recommandée en 1977* de 0,05 Sv/an (5 rem/an).

Ceci est loin d'être anodin car ce sont ces doses maximales acceptables spécifiques à chaque organe qui sont à la base du calcul des limites annuelles d'incorporation (par inhalation et ingestion) des différents radionucléides

Tissus	w_T	limite stochastique 5 rem: w_T (rem/an)	limite non stochastique (rem/an)	dose maximale acceptable (rem/an)	
				CIPR 26	CIPR 9
Gonades	0,25	20	50	20	5
Sein	0,15	33	50	33	15
Moelle osseuse	0,12	42	50	42	5
Poumons	0,12	42	50	42	15
Thyroïde	0,03	167	50	50	30
Restant de l'organisme	0,30	17	50	17	15

Les deux dernières colonnes donnent les doses maximales admissibles recommandées en 1965 (CIPR 9)* et les doses maximales acceptables recommandées en 1977 (CIPR 26). On voit qu'elles ont toutes été augmentées avec la nouvelle réglementation.

* Les valeurs de 1965 étaient en rem et nous indiquons donc toutes les doses dans cette unité.

s'ils se fixent préférentiellement sur des organes particuliers. On peut en percevoir toute l'importance dans le cas d'une population vivant sur des territoires contaminés par un accident nucléaire si l'on veut calculer le détriment possible et l'opportunité de contre-mesures (normes de contamination de la nourriture, évacuation etc.).

10. L'analyse coût/bénéfice

La CIPR recommande de maintenir toutes les doses à des niveaux aussi bas qu'il est possible de le réaliser d'une façon raisonnable (principe dit ALARA: *As Low As Reasonably Achievable*). Le «raisonnable» est déduit d'une analyse coût/bénéfice: toute réduction des doses par amélioration des équipements de protection augmente le coût (investissement et exploitation) et il en résulte un bénéfice pour les individus concernés (pour leur santé). Si ce surcoût de protection était dépensé dans un autre domaine, ce serait peut-être plus profitable pour la collectivité. Dans ce cas la réduction des doses n'est pas raisonnable. Ce concept d'analyse coût/bénéfice conduit à une protection de type social alors que la CIPR voulait fonder ses recommandations sur une protection essentiellement individuelle.

Le raisonnement de la CIPR est par ailleurs très simpliste. Si l'analyse coût/bénéfice faite par l'exploitant nucléaire montre que les économies réalisées en n'augmentant pas la radioprotection du personnel et du public seraient mieux utilisées dans d'autres domaines de la protection sanitaire, il n'est pas exigé par contre que ces économies soient versées par l'exploitant au budget national de la santé.

En conclusion: La CIPR veut, en 1977, donner au système de radioprotection qu'elle recommande une forte cohérence et une justification absolue de l'acceptabilité des risques, qui ne nécessitent aucune consultation des intéressés, les travailleurs et la population. On voit que sur ces deux points elle échoue car afin d'établir cette apparente cohérence générale elle est obligée de violer un certain nombre des principes fondateurs de ses recommandations.

De plus la CIPR en a profité pour augmenter notablement d'une façon implicite les doses maximales acceptables d'irradiation des organes. Cela lui permettra de relever les *limites annuelles d'incorporation.* Karl Morgan a analysé très en détail cette augmentation

des limites annuelles d'incorporation pour un grand nombre de radionucléides [15]. Ceci permet aux exploitants une gestion plus commode du nucléaire au quotidien et, bien sûr, ne peut que faciliter la gestion des accidents nucléaires.

IX. LES NOUVELLES RECOMMANDATIONS DE 1990 (CIPR 60, 1991)

Nous analysons ci-dessous les principes généraux.

1. L'absence de seuil

De nombreux articles des nouvelles recommandations sont consacrés à ce problème: y a-t-il un seuil de dose de rayonnement en dessous duquel il n'y a aucun effet biologique (cancers et effets génétiques)?

En 1977, la CIPR dans sa publication 26 fondait ses recommandations sur l'absence de seuil mais, nous l'avons vu précédemment, la Commission précisait qu'il s'agissait là d'une «hypothèse simplificatrice» prudente et ainsi tout en rejetant l'hypothèse du seuil pour fonder son système de radioprotection, la CIPR recommandait de ne pas l'utiliser. Cela permettait aux responsables médicaux de la radioprotection de justifier l'absence de danger des irradiations.

Dans la nouvelle publication, la CIPR ne considère plus l'absence de seuil comme une «hypothèse simplificatrice», elle consacre plusieurs articles à ce sujet tout au long du rapport.

«Le processus d'ionisation change nécessairement les atomes et les molécules, du moins transitoirement, et peut ainsi parfois endommager des cellules. Si le dommage cellulaire se produit et n'est pas réparé d'une façon adéquate, il peut empêcher la cellule de survivre ou de se reproduire, ou il peut en résulter une cellule modifiée mais viable.» (Art. 19)

«Malgré l'existence de mécanismes de défense très efficaces, le clone de cellules résultant de la reproduction d'une cellule somatique modifiée mais viable, peut conduire après un retard prolongé et variable appelé période de latence à la manifestation d'une condition maligne, un cancer. La probabilité d'un cancer résultant du rayonnement augmente ordinairement lorsque les doses augmentent par incréments, probablement sans seuil et d'une façon qui est approximativement proportionnelle a la dose.» (Art. 21)

«Les mécanismes de défense ne sont probablement pas totalement efficaces même aux faibles doses, aussi, il est improbable qu'ils engendrent un seuil dans la relation dose/réponse». (Art. 62)

«L'équilibre entre les dommages et les réparations dans les cellules et les mécanismes ultérieurs de défense peuvent influer sur la forme de la courbe de réponse, mais on ne peut en attendre qu'il en résulte un véritable seuil». (Art. 68).

La mise en évidence de la non existence d'un seuil aux faibles doses à partir d'observations empiriques est difficile. Il en est de même d'ailleurs, mais on ne le dit pas, pour la mise en évidence d'un seuil. La CIPR prend le soin d'expliquer le problème:

«Pour de petits incréments de dose au dessus du fond naturel, la probabilité d'induction d'un cancer additionnel est certainement petite et la valeur attendue du nombre de cas attibuables à l'incrément de dose dans un groupe exposé peut être bien inférieur à 1, même dans un groupe important. Ainsi il est presque certain qu'il n'y aura pas de cas additionnels mais cela ne fournit pas la preuve de l'existence d'un vrai seuil.» (Art 69)

2. Les facteurs de risque

Les recommandations de 1977 (CIPR 26) définissaient les facteurs de risque dus au rayonnement c'est à dire le nombre de cancers mortels et le nombre d'affections hérédi-

taires graves radioinduits par unité de dose de rayonnement. La Commission précisait cependant que ces facteurs pouvaient surévaluer le risque. Ces considérations revenaient à déconseiller l'usage de ces facteurs de risque pour une évaluation réelle des détriments causés par le rayonnement.

Dans les nouvelles recommandations de 1990 la CIPR fournit de véritables facteurs de risque utilisables en tant que tels pour évaluer le détriment dû au rayonnement. Les restrictions ne portent plus sur ces facteurs mais, nous le verrons plus loin, sur l'appréciation globale du détriment, les effets biologiques du rayonnement n'étant qu'une des composantes de ce detriment global.

a) Les effets cancérigènes sont réévalués à la hausse

La CIPR définit deux facteurs de risque cancérigène, l'un pour les travailleurs, l'autre pour l'ensemble de la population.

«Une petite différence a été faite entre les coefficients de probabilité pour les travailleurs et ceux pour l'ensemble de la population. Bien que petite, cette différence existe probablement car elle provient principalement du fait que la population dans son ensemble inclut les groupes d'âge jeunes qui sont les plus sensibles». (Art. 79)

Ainsi la CIPR reconnait l'existence de groupes beaucoup plus radiosensibles, les jeunes en particulier. Elle ne donne pas d'estimation du facteur de risque pour ces groupes à risque élevé. Elle ne tient pas compte de ce fait dans le système de radioprotection proposé car elle n'y introduit pas de normes différentielles spécifiques des divers groupes constituant la population. Cela revient à fonder la radioprotection sur la protection de la société dans son ensemble au détriment de la protection des individus.

Les nouveaux facteurs de risque sont les suivants:

- pour les travailleurs: $4 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} soit 400 cancers mortels par million de rem-homme ou 10 000 sievert-homme (au lieu de $1{,}25 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} en 1977)
- pour la population: $5 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} (soit 500 cancers mortels par million de rem-homme ou 10 000 Sv-homme). Cela représente un accroissement du risque d'un facteur 4 par rapport aux estimations de 1977 et, en fait, beaucoup plus puisque désormais il n'est plus dit que ce facteur majore le risque.

La CIPR fonde son estimation du risque cancérigène sur le suivi de mortalité des survivants japonais des bombardements atomiques. Elle divise le résultat brut de cette étude par un facteur 2 et justifie cette réduction par le fait que la radioprotection concerne des faibles doses reçues à faibles débits de dose (chroniques) alors qu'à Hiroshima et Nagasaki il s'agissait de fortes doses reçues à fort débit de dose. Dans le premier cas les réparations cellulaires fonctionneraient mieux ce qui conduirait à un risque plus faible.

Ce point demanderait un examen détaillé (voir Annexe 1) que l'on peut résumer ainsi:

- La cohorte recensée à Hiroshima et Nagasaki afin d'être suivie sur toute la vie comporte un nombre important de personnes ayant reçu des doses relativement faibles: la dose moyenne des individus de la cohorte est de 20 rem (0,2 Sv) et 77 % des cancers ont été observés chez ceux ayant reçu des doses comprises entre 3 et 16 rem [16].
- L'étude de mortalité des survivants japonais ne montre pas d'augmentation du risque cancérigène par unité de dose quand la dose croît, sauf peut être pour les leucémies.
- La réduction du facteur de risque pour les faibles débits de dose (effet chronique) ne s'appuie sur aucune étude épidémiologique. Il s'agit là d'un véritable postulat.
- La valeur du risque retenu par la CIPR avant sa réduction par un facteur 2 est déjà une valeur réduite par rapport à l'estimation faite en 1987 par la Fondation officiellement chargée de l'étude sur les survivants japonais [17]. Depuis cette date

de nouvelles estimations faites à partir des mêmes données conduisent à des valeurs plus faibles sans qu'il soit aisé d'en comprendre les raisons. Ce sont les estimations les plus faibles qui ont retenu l'attention de la CIPR.

b) *Les effets héréditaires*

La CIPR n'a pas sensiblement modifié le facteur de risque pour ces effets. Cependant elle ne limite plus ses recommandations aux effets sur les deux premières générations pour évaluer le risque génétique pour les travailleurs. Leur facteur de risque global en est augmenté d'autant. « La Commission considère que des coefficients nominaux de probabilité pour les effets héréditaires de 10^{-2} Sv^{-1} pour la population dans son ensemble et $0{,}6 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} pour les travailleurs représentent d'une façon correcte le nombre pondéré des effets héréditaires attendus dans toutes les générations. Le facteur de pondération ne tient compte que de la gravité des effets» (Art. 89). Aucune explication ne vient justifier la façon dont ces facteurs de pondération reflètent la gravité des effets.

c) *Effets des irradiations prénatales, cancers et retards mentaux*

En 1977 la CIPR ne consacrait qu'un court article assez vague à ce sujet: «L'exposition avant la naissance ou au cours de l'enfance peut gêner la croissance et le développement ultérieurs, en fonction de facteurs tels que la dose et l'âge au moment de l'irradiation. Il semble également que la prédisposition à l'induction de certaines affections malignes soit plus élevée au cours de la période prénatale et de l'enfance que dans l'âge adulte» (CIPR 26, Art. 65). Dans ses nouvelles recommandations la CIPR est plus explicite: «Pendant la période qui va de 3 semaines après la conception jusqu'a la fin de la grossesse, il est probable que l'irradiation peut causer des effets stochastiques dont il résultera un accroissement de la probabilité de cancer pour les enfants nés vivants [...] La Commission suppose que le coefficient de probabilité de mortalité est au plus égal à plusieurs fois celui de la population prise dans son ensemble.» (Art. 91)

«Des valeurs du coefficient intellectuel (QI) plus faibles que celles attendues ont été signalées pour certains enfants exposés in utero à Hiroshima et Nagasaki [...] Un coefficient d'environ 30 points de Ql par Sievert pour la dose reçue par le fœtus pendant la période qui va de 8 semaines à 15 semaines après la conception.» (Art 92)

«Le second résultat [observé sur les enfants irradiés in utero à Hiroshima et Nagasaki] est un accroissement, lié aux doses reçues, de la fréquence d'enfants classés comme *sévèrement retardés.* Le nombre de cas est faible, mais les données indiquent une probabilité de l'excès de retard mental sévère de 0,4 à la dose de 1 Sv.» (Art. 93) La CIPR dans sa publication 49 de 1986 avait déjà donné ces indications. Le concept de retard mental grave défini par la CIPR s'applique à un individu qui ne peut pas formuler des phrases simples, ne peut effectuer des calculs arithmétiques simples, ne peut pas prendre soin de lui-même, est placé dans une institution [18].

La CIPR à la fin de son chapitre sur ces effets tient à atténuer la gravité de ses propos: «Toutes les observations sur les Ql et les retards mentaux sont faites à partir de fortes doses reçues à fort débit de dose et leur utilisation directe surestime probablement le risque». (Art. 93)

Cet optimisme de la CIPR n'est guère justifié. En effet le recensement n'a été effectué à Hiroshima et Nagasaki qu'en 1950, cinq ans après les bombardements. Les survivants immédiats des bombardements ont connu une situation catastrophique dans des villes totalement détruites. Les enfants sévèrement attardés dans de telles conditions n'avaient guère de chance de survie et aucune d'être placés «dans une institution». Une grande partie des enfants touchés a donc pu échapper aux statistiques de l'étude épidémiologique par une mort prématurée.

3. Les limites de dose et le système de radioprotection

a) *Les prémisses*

La prise de conscience du danger des rayonnements ionisants va croissant dans la population. Cela inquiète la CIPR. Elle désirerait bien dédramatiser la radioprotection.

«Elle [la Commission] reconnait aussi que la focalisation sur un danger unique parmi les nombreux dangers auxquels l'humanité doit faire face, peut causer un élément d'anxiété non désiré. La Commission, par conséquent, souhaite mettre en relief son point de vue que le rayonnement ionisant exige d'être traité avec précaution plutôt qu'avec peur et que les risques qui en résultent doivent être mis en perspective avec les autres risques.» (Art. 14)

Mais elle ne peut pas, sans se renier, occulter les dangers du rayonnement: cancers, retards mentaux lorsque les fœtus sont irradiés, effets génétiques pour toute la descendance des irradiés et en plus elle doit reconnaître que ces effets peuvent être induits par des doses faibles.

b) *L'importance des facteurs économiques et sociaux*

En principe les membres de la CIPR ont été sélectionnés (par cooptation) sur des critères de compétence scientifique en radioprotection. Il est donc assez curieux de constater que la CIPR insiste de plus en plus sur l'importance des facteurs économiques et sociaux dans les procédures de radioprotection. Il serait logique que la CIPR admette en son sein des économistes, des sociologues et même des psychologues et des psychiatres puisque la Commission tient à protéger la population de l'anxiété radioinduite!

La protection de l'industrie nucléaire est le principe premier de la CIPR: *«Le but premier de la protection radiologique est de fournir une norme de protection des hommes sans limiter indûment les pratiques bénéfiques qui conduisent à des irradiations»*. (Art. 15) [souligné par nous].

Lorsque l'industrie nucléaire irradie des individus cela ne peut être que globalement positif et la protection de ces individus ne doit pas se faire au détriment des pratiques industrielles. La CIPR 60 n'introduit là rien de nouveau car cette déclaration de foi se retrouve depuis fort longtemps dans les textes de la Commission mais il est bon de le rappeler.

La CIPR ne se veut pas contraignante et laisse aux différents pays le soin d'adapter leur propre système à leurs besoins particuliers, c'est à dire à leur situation socio-économique: «Comme les conditions d'application diffèrent pour les différents pays, la Commission n'a pas l'intention de fournir un texte réglementaire». (Art 10).

Là aussi rien de bien nouveau par rapport aux textes antérieurs. La CIPR n'en est pas à réclamer un droit d'ingérence (pour utiliser un concept à la mode) dans les affaires d'Etat pour protéger les individus.

c) *Il n'est pas possible de fonder la radioprotection uniquement sur la base de critères scientifiques*

Il est intéressant de noter qu'en préambule à ses recommandations, la CIPR, aréopage de scientifiques, déclare que pour la radioprotection (en principe le but en est la protection des hommes): «[Le] but ne peut pas être atteint sur la base des seuls concepts scientifiques». (Art. 15)

«Le cadre de base de la protection radiologique doit inclure nécessairement des jugements d'ordre social aussi bien que scientifique, car le but premier de la protection radiologique est de fournir un modèle approprié pour la protection des hommes qui ne limite pas indûment les pratiques bénéfiques qui donnent lieu à des irradiations.» (Art. 100)

En reprenant l'article 15 mentionné précédemment dans un nouvel article il semble assez clair que la CIPR privilégie les jugements socio-économiques par rapport aux jugements

scientifiques (biologiques) pour l'établissement d'un système de radioprotection.

Bien sûr la Commission ne peut pas recommander de négliger les effets du rayonnement, mais ceux-ci ne doivent pas dominer dans les prises de décision:

«La Commission recommande que, lorsque des pratiques sont envisagées qui impliquent des expositions ou des expositions potentielles au rayonnement, le détriment dû au rayonnement doit être explicitement inclus dans les processus du choix. Le détriment à considérer n'est pas confiné à celui associé au rayonnement, il inclut d'autres détriments et le coût de la pratique.» (Art. 115).

«Pour toute source particulière relative à une pratique [d'irradiation], l'importance des doses individuelles, le nombre de personnes exposées, la probabilité du risque encouru lié à des irradiations dont il n'est pas certain qu'elles seront reçues, devraient tous être maintenus à des facteurs aussi faibles qu'il est raisonnablement possible de les réaliser, *les facteurs économiques et sociaux étant pris en compte.*» [souligné par nous] (Art. 112)

Il est bien évident qu'en pratique, seuls les experts décideurs peuvent être habilités à faire ce genre d'optimisation. Les individus susceptibles d'être irradiés auraient naturellement tendance à considérer d'une façon tout à fait subjective leur propre protection comme l'élément déterminant pour juger de la validité de la pratique qui les implique.

La Commission exprime clairement qu'elle ne peut fonder son système de radioprotection sur des considérations de santé alors que ses membres sont censés avoir été sélectionnés pour leur compétence dans ce domaine.

«L'intention de la Commission est de choisir les valeurs des limites de dose telles que toute irradiation continue juste au dessus des limites de dose, conduise à des risques additionnels qui peuvent être raisonnablement décrits comme *inacceptables* dans des circonstances normales. Ainsi la définition et le choix des limites de dose implique des jugements sociaux [...]. *Pour des agents tels que le rayonnement ionisant pour lesquels on ne peut supposer l'existence d'un seuil dans la courbe de réponse aux doses pour certaines conséquences de l'exposition, cette difficulté est incontournable et le choix de limites ne peut être basé sur des considérations de santé.*» [souligné par nous] (Art. 123).

«L'approche multi-factorielle de la Commission pour la sélection des limites de dose, inclut nécessairement des jupements sociaux appliqués aux divers facteurs de risque». (Art. 170).

Malheureusement la Commission reste très vague sur ces divers facteurs qui ont déterminé ses jugements si ce n'est qu'elle considère qu'ils ne sont pas de son ressort mais doivent être sous la responsabilité des Etats:

«Ces jugements ne seraient pas nécessairement les mêmes dans tous les contextes et pourraient en particulier être différents dans diverses sociétés. C'est pour cette raison que la Commission propose que son guide soit suffisamment flexible pour s'adapter aux variations nationales ou régionales». (Art. 170).

Encore une fois on voit mal dans ce contexte l'intérêt d'une commission d'experts internationaux proposant des recommandations que les divers Etats peuvent valablement ne pas respecter.

4. Les principes fondateurs des limites de dose et l'acceptabilité du risque

En 1977 la CIPR avait élaboré un système cohérent une fois admis quelques postulats assez contestables. Mais l'édifice avait une belle allure d'objectivité scientifique. Il résultait d' une confiance absolue dans les faibles dangers qui pouvaient résulter du rayonnement. La logique qui en découlait était redoutable: si on admettait le concept du risque acceptable les limites de dose devaient dépendre directement des facteurs de risque.

La CIPR considérait qu'un mort par an pour 10 000 travailleurs était un risque accep-

table car équivalent au risque de l'industrie la plus sûre (hypothèse contestable). Avec un facteur de risque cancérigène de $4 \cdot 10^{-2}$ Sv^{-1} ($4 \cdot 10^{-4}$ rem^{-1}) il en découle logiquement une limite «acceptable» annuelle de 2,5 millisievert (0,250 rem) pour les travailleurs. Cela est bien évidemment inacceptable pour l'industrie nucléaire. La Commission a dû faire un sérieux ménage dans ses concepts et l'abandon du principe d'objectivité scientifique facilitait sa tâche en lui évitant d'expliciter ses choix.

Certaines remarques de la Commission sont intéressantes à mentionner: «Puisqu'il y a des seuils pour les effets déterministes, il est possible de les éviter en limitant les doses reçues par les individus. Par contre les effets stochastiques [cancers et effets génétiquesl ne peuvent être complètement évités car pour eux on ne peut invoquer l'existence d'un seuil». (Art. 100)

Le système de radioprotection ne peut donc pas protéger intégralement les individus. On doit accepter pour eux un certain détriment (peut-être un cancer, peut être un enfant sévèrement retardé, peut-être une descendance génétiquement affectée).

«Dans la pratique, plusieurs idées fausses sont apparues dans la définition et la fonction des limites de dose. En premier lieu, la limite de dose est largement, mais d'une façon erronée, considérée comme une Iigne de démarcation entre ce qui est *inoffensif* et ce qui est *dangereux.* En second lieu elle est aussi largement, mais aussi d'une façon erronée, vue comme le moyen le plus simple et le plus efficace pour maintenir les irradiations à des niveaux faibles et pour favoriser les améliorations. Troisièmement, elle est communément considérée comme la seule mesure de contrainte du système de protection. Ces idées fausses sont, dans une certaine mesure, renforcées par l'incorporation des limites de dose dans les documents réglementaires.» (Art. 124)

Le respect des normes quelles qu'elles soient n'est pas une garantie de protection des individus. Dans les discours officiels, si les normes ne sont pas dépassées il n'y a aucun danger. La CIPR considère ces discours comme résultant de conceptions erronées. Dans ces conditions, la notion de «dangereux» très couramment utilisée, demande à être précisée. A la question «Est-ce dangereux?» on ne peut répondre avant d'avoir la réponse à une question préalable: à partir de combien de morts dans un groupe donné considérez-vous qu'une situation est dangereuse?

Risque «inacceptable», «tolérable», «acceptable».

«La Commission a trouvé qu'il était utile d'utiliser trois mots pour indiquer le degré de tolérabilité d'une irradiation (ou d'un risque). Ils ont nécessairement un *caractère subjectif* [souligné par nous] et doivent être interprétés en relation avec le type et la source de l'irradiation considérés. Le premier mot est *inacceptable,* il est utilisé pour indiquer que l'irradiation, d'après les vues de la Commission, ne serait pas acceptable sur des bases raisonnables dans les conditions normales d'opération d'une pratique choisie pour son utilité. De telles irradiations pourraient devoir être acceptées dans des situations anormales, telles que celles qui apparaissent pendant les accidents. Les irradiations qui ne sont pas inacceptables sont ensuite subdivisées en celles qui sont *tolérables,* signifiant par là qu'elles ne sont pas les bienvenues mais peuvent être raisonnablement tolérées, et celles qui sont *acceptables,* signifiant qu'elles peuvent être acceptées sans nécessiter davantage d'amélioration, c'est à dire quand la protection a été optimisée. Dans ce cadre, une limite de dose représente une frontière sélectionnée dans la région située entre l'*inacceptable* et le *tolérable.*» (Art. 150)

La Commission se place délibérément dans une logique floue fondée sur des critères purement subjectifs qu'elle est totalement incapable de définir: une situation normale peut dans certaines conditions être considérée (par qui?) comme anormale. Il en découle

que l'inacceptable peut dans certaines conditions être déclaré acceptable (par qui?). Quelles sont ces bases «raisonnables» auxquelles la Commission se réfère sans les définir? Quelles sont ses critères de tolérabilité? En modifiant les critères socio-économiques on peut rendre l'inacceptable acceptable ou tolérable.

En fin de compte la fixation d'une limite de dose acceptable implique que l'on considère comme acceptable un certain nombre de morts. En démocratie les citoyens ont-ils délégué leur pouvoir à certains représentants pour décider à leur place de ce nombre de morts acceptable? Et qui pourra se déclarer démocratiquement représentatif des générations futures qui auront à subir les détriments de pratiques décidées aujourd'hui? La CIPR n'apporte pas de réponses à ces questions fondamentales.

5. Les nouvelles limites de dose: une réduction insuffisante

a) Pour les travailleurs

En 1977 la CIPR avait fixé la limite de dose à 50 mSv par an (5 rem/an). Cette limite semblait alors trop élevée mais la Commission précisait qu'avec une telle limite, dans les faits les doses moyennes ne dépasseraient pas 5 mSv/an (0,5 rem/an). D'autre part la pratique de l'optimisation des procédures et des installations respectant le concept ALARA (As Low As Reasonably Achievable: au niveau le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre) devait assurer une réduction automatique des doses sans avoir besoin de baisser les limites maximales admissibles.

C'est vraisemblablement l'échec de cette conception de la radioprotection qui a poussé la CIPR à réduire les limites de dose. Elle recommande pour les travailleurs une limite comptabilisée sur 5 ans égale à 0,1 Sv (10 rem) soit en moyenne une limite annuelle de 20 mSv (2 rem/an), sans dépasser à aucun moment 50 mSv/an (5 rem/an).

b) Pour la population

La limite recommandée en 1977 était de 5 mSv/an (0,5 rem/an). En 1985, à la conférence de Paris, la CIPR recommandait une limite annuelle de 1 mSv en moyenne sur la vie (soit 70 mSv ou 7 rem en 70 ans) sans dépasser 5 mSv/an. Dans ses nouvelles recommandations la contrainte est renforcée: 5 mSv pendant toute période de 5 ans sans dépasser 5 mSv sur une année (0,5 rem/an).

Chronologiquement ces limites ont d'abord été des limites d'admissibilité puis d'acceptabilité. Désormais ce sont des limites d'inacceptabilité. Cette nouvelle définition devrait renforcer leur aspect contraignant mais la frontière floue entre l'inacceptable et le tolérable accentuée par des considérations socio-économiques en restreint la portée.

Pour établir ces limites la CIPR a renoncé à tous les principes qu'elle avait pris soin de spécifier dans ses publications antérieures à savoir:

- la mort par cancer radioinduit mesurait le détriment;
- la protection était fondée sur une base annuelle;

Désormais la Commission introduit de nombreux paramètres de pondération pour estimer le détriment d'une irradiation. Les plus importants sont (Art. 153):

- la probabilité de mortalité évaluée pour la durée de la vie;
- la perte de durée de vie si la mort intervient.

Appliquer ce dernier critère à la justice reviendrait à réduire la culpabilité d'un criminel lorsque sa victime est âgée. Si les juges utilisaient dans leur pratique des analyses du genre coût/bénéfice recommandées par la CIPR, l'assassinat de vieilles personnes, coûteuses pour la société, pourrait être considéré comme bénéfique pour la société et les criminels pourraient être innocentés!

Les critères d'acceptabilité du risque ne sont pas définis. D'ailleurs, ils n'ont pas à

l'être car pour la Commission ils ne peuvent être que subjectifs. Elle n'est donc pas tenue d'expliquer comment elle additionne les divers types de détriment.

On peut utiliser les critères à la base des recommandations antérieures de la CIPR en 1977 pour évaluer le nouveau risque que l'on doit accepter pour les cancers mortels d'après la CIPR en 1990:

Pour les travailleurs
Une limite de dose annuelle moyenne de 20 mSv associée à un facteur de risque cancérigène de $4 \cdot 10^{-2} Sv^{-1}$ conduit à un risque de mortalité de $8 \cdot 10^{-4}$ (8 morts par an pour 10 000 travailleurs) soit 8 fois le risque déclaré comme acceptable en 1977. Si l'on ajoute le risque génétique on aboutit à un risque de 1 pour 1000 soit 10 fois le risque professionnel considéré comme acceptable en 1977.

Pour la population
Une limite de dose annuelle de 1 mSv et un risque cancérigène de $5 \cdot 10^{-2} Sv^{-1}$ correspondent à 5 morts par an pour 100 000 personnes soit de 5 à 50 fois plus que le risque admis en 1977 qui était de 1 à 10 morts pour 1 million de personnes.

Ainsi les nouveaux critères subjectifs permettent à la CIPR de relever d'un facteur 10 les niveaux de risque qu'elle considérait jusqu'à présent comme acceptables et il est manifeste que se fonder uniquement sur la réduction des doses maximales acceptables pour juger de son action est profondément erroné.

6. Doses organes et équivalents de dose

On remarquera que les rapports de la CIPR à peine publiés sont rapidement obsolètes. Ainsi la CIPR 56 adoptée en 1989 donnait les *doses par unité d'incorporation* de différents radionucléides, c'est à dire la dose (en sievert) aux différents organes et l'équivalent de dose engagée par inhalation et ingestion de 1 becquerel de ce radioélément pour différentes classes d'âge. En 1993 la publication CIPR 63 modifie certaines de ces valeurs pour tenir compte de nouveaux modèles biocinétiques (c'est ainsi que l'équivalent de dose engagée pour l'ingestion de 1 becquerel de Sr 90 augmente pour les nourrissons et les classes d'âge 5, 10 et 15 ans mais diminue pour les enfants de 1 an et les adultes) et de nouveaux coefficients de pondération affectant les tissus et organes. Par rapport à la CIPR de 1977 désormais davantage d'organes sont pris en compte. Les nouveaux w_T sont les suivants:

w_T		Σw_T
0,01	surface de l'os, peau	0,02
0,05	vessie, sein, foie, œsophage, thyroïde	0,30
0,12	mœlle osseuse, colon, poumon, estomac	0,48
0,20	gonades	0,20
	Total	1,00

Le facteur de pondération relatif aux surfaces osseuses ayant diminué (il passe de 0,03 à 0,01) l'équivalent de dose pour les radioéléments ayant une affinité pour ces parties osseuses va être affecté. C'est ainsi que les Limites Annuelles d'Incorporation (LAI) de certains radioéléments ont augmenté malgré la réduction des limites de dose annuelles. C'est le cas notamment des LAI pour l'inhalation des composés des isotopes 236, 238, 239, 240, 242, 244 du plutonium autres que l'oxyde PuO_2, des composés solubles de l'uranium 230, 232, 233, 234, 235, 236, 238, de certains composés du thorium 228, 229, 230, 232 [19].

7. Les modalités d'application des nouvelles recommandations.

La CIPR est soucieuse de ne pas perturber violemment l'industrie nucléaire en exigeant des responsables nationaux qu'ils adaptent rapidement leur règlementation aux nouvelles recommandations.

«Du fait des difficultés à réagir rapidement à la mise en place de réglements plus sévères pour le fonctionnement des installations et avec des équipements déjà existants, la Commission admet que les agences chargées de la réglementation puissent souhaiter utiliser temporairement des limites de dose plus élevées.» (Art. 168)

Ainsi la CIPR recommande aux Etats de ne rien bousculer et de prendre du temps pour adopter ces nouvelles limites bien qu'il s'agisse de la morts de certains individus ou de tares sévères pour leurs descendants.

Les recommandations de 1977 ont été transcrites dans les Directives européennes en 1984 et les responsables français les ont introduites dans la législation française en 1988 (décret n° 88-662 du 6 mai 1988 modifiant le décret n° 75-306 du 28 avril 1975). Ainsi il aura fallu attendre plus de 10 ans.

La limite de 1 mSv/an (0,1 rem/an) recommandée en 1985 n'est toujours pas règlementaire en France. Au niveau européen la Directive 96/29/Euratom du Conseil du 13 mai 1996 fixe «les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants» et adopte les nouvelles normes CIPR de 1990. Il a donc fallu déjà 6 ans. La Directive laisse un délai de 4 ans pour que les Etats de la Communauté ajustent leur législation, on peut donc prévoir que dans bon nombre de législations nationales européennes la réduction des limites de dose n'interviendra pratiquement pas avant le troisième millénaire.

Il faut signaler que les responsables français de la radioprotection se sont opposés violemment à la réduction des limites de dose recommandées par la CIPR [20] avec l'appui de l'Académie des Sciences qui affirmait en 1989 «les normes actuelles paraissent déjà prudentes» [21] et il ne fallait donc pas en changer. Les experts français sont intervenus dans les instances internationales pour contrer l'adoption des nouvelles normes [22]. N'ayant pas modifié leurs positions [23] [24], il ne faudra pas s'étonner si la France tarde à mettre en œuvre la réduction des limites de dose.

8. La protection des individus ?

a) Parmi les principes généraux concernant la radioprotection la CIPR recommande: «Aucune pratique impliquant des irradiations ne devrait être adoptée à moins qu'elle ne produise un bénéfice suffisant aux individus exposés ou à la société pour compenser le détriment causé par le rayonnement». (Art. 112 a)

Comment évaluer la pratique qui consistait pour le CEA à se débarrasser clandestinement dans une décharge non autorisée de certains de ses déchets nucléaires par exemple sur Saint-Aubin et Itteville ? [25]. Y a-t-il eu compensation pour les individus qui ont pu être exposés ? Les responsables de telles pratiques ont-ils simplement jugé que cela permettait de réduire les dépenses du CEA et que cela ne pouvait être que bénéfique pour l'ensemble de la société ?

Optimiser sur des critères économiques est particulièrement dangereux pour la protection des individus. Ce genre de pratique n'est quère compatible avec la déontologie médicale [26].

b) Il peut y avoir des conflits d'intérêt entre divers groupes de la population concernant leur protection. La CIPR en mentionne quelques uns: «Si l'irradiation du public est due au relâchement de déchets dans l'environnement, une réduction de cette irradiation pourrait conduire à un accroissement de l'irradiation professionnelle dû au retraitement additionnel et au stockage des déchets.» (Art. 208)

«L'inspection systématique des installations peut réduire la probabilité des défaillances mais seulement aux dépens d'une irradiation professionnelle additionnelle, et la réduction de l'irradiation du public par un accroissement du stockage des déchets peut causer un accroissement des irradiations potentielles des travailleurs et du public». (Art. 209)

La protection optimale des travailleurs ne coïncide pas forcément avec celle de la population. Elle peut être en contradiction avec la protection de leur propre famille qui fait partie de la population. On ne voit guère comment résoudre ce genre de contradiction mais occulter ces problèmes n'est certainement pas le meilleur moyen d'arriver à les résoudre.

X. CONCLUSIONS: COMMENT EVALUER L'ACTION DE LA CIPR DANS LA PROTECTION RADIOLOGIQUE DES INDIVIDUS?

Un des soucis permanents de la CIPR dès son origine a été d'émettre des recommandations de radioprotection permettant à toutes les pratiques utilisant les rayonnements ionisants de se développer (tout en évitant une hécatombe chez les praticiens). Ceci s'est avéré particulièrement vrai concernant le développement de l'industrie nucléaire que la Commission a jugée globalement bénéfique à la société, sans analyse ni justification. Le but de la CIPR a consisté bien plus à montrer que les normes qu'elle recommandait permettaient une radioprotection efficace des travailleurs et de la population, qu'à établir réellement des normes contraignantes et efficaces. En fait ses recommandations n'ont en rien gêné l'essor de l'industrie nucléaire, elles l'ont tout simplement accompagné et ont fourni une base idéologique pour justifier moralement et socialement les pratiques de cette industrie.

Un autre principe fondateur des recommandations de la CIPR est l'élaboration de normes non contraignantes que les Etats pourront interpréter et adapter à leur situation propre. Dans ces conditions le concept même d'*acceptabilité* perd beaucoup de son sens. Il y a fondamentalement une grande hypocrisie dans ces recommandations quand la CIPR énonce toute une série de précautions à respecter pour réduire les dégâts sanitaires, puis des limites de doses à ne pas dépasser, (sauf nécessité évidemment), car il est clair que les législateurs qui transformeront ces recommandations en lois, décrets, arrêtés ou autres, ne retiendront que les limites numériques. Toutes les précautions énoncées ne peuvent se traduire en terme de législation car elles ne sont pas quantifiables donc vérifiables. Autrement dit, tout ce qui est détaillé dans les recommandations de la CIPR ne s'adresse qu'aux exploitants nucléaires qui voient là des sources de dépenses supplémentaires non légalement obligatoires. On peut deviner le résultat. Quel exploitant nucléaire a procédé à une «optimisation coût/bénéfice» avant de prendre une décision? Inutile de jouer avec des équations pour s'apercevoir que les coûts sont pour lui et les bénéfices pour les autres. Quel gestionnaire dans notre système économique hésiterait devant une telle éventualité?

Les normes d'irradiation, les doses maximales acceptables, sont généralement à la base des polémiques visant la radioprotection et se résument généralement de la façon suivante chez les opposants à l'industrie nucléaire: la CIPR a révisé à la baisse les doses maximales acceptables; quand seront-elles mises en vigueur chez nous? C'est implicitement reconnaître l'effet bénéfique de la CIPR. Seule cette réduction des normes d'irradiation est retenue ce qui laisse entendre que le système de radioprotection s'améliore et que les experts en radioprotection participent à cette amélioration.

Tout d'abord il faut souligner que cette réduction a été très lente, elle a même connu des rebonds plus ou moins camouflés, très lente aussi par rapport aux données numériques observées sur des irradiés. D'autre part quand on examine l'évolution au cours du temps non pas des limites de doses mais des *facteurs de risque* estimés par ces mêmes experts de la CIPR, on s'aperçoit que *le risque cancérigène acceptable a augmenté.*

Au début les experts admettaient un seuil de rayonnement en dessous duquel le rayon-

nement n'avait aucun effet. Les limites de doses admissibles étaient bien sûr en dessous de ce seuil donc le risque admissible était nul.

Quand la limite annuelle a été fixée pour les travailleurs à 50 millisievert (5 rem) sans seuil, cela revenait à «accepter», avec le facteur de risque cancérigène admis à l'époque, 625 cancéreux voués à la mort par million d'homme-rem. Plus tard le facteur cancérigène officiellement admis ayant augmenté, la norme abaissée à 20 mSv/an (2 rem) conduisait à admettre 800 cancers mortels par million d'homme-rem au lieu de 625.

Nous avons vu que si l'on se réfère aux critères d'acceptabilité du risque définis par la CIPR en 1977, les normes de 1990 conduisent à un risque professionnel 10 fois plus élevé. Le résultat est du même ordre concernant l'évolution de la radioprotection des individus de la population.

L'abaissement des limites de dose a été un leurre qui a parfaitement bien fonctionné même chez ceux qui critiquaient l'option nucléaire de notre société. La revendication d'un ajustement des normes de radioprotection selon les critères de la CIPR a remplacé la critique radicale des fondements mêmes de cette radioprotection.

Enfin, l'abaissement des limites de dose est-il une gêne pour les industriels du nucléaire ? Est-ce une amélioration de notre protection ? La parade économique à la réduction des doses a été assez simple et est maintenant largement utilisée: les exploitants nucléaires ont mis en place une gestion du personnel par la dose [27]. Puisqu'on utilise pour tous les travaux irradiants des personnels intérimaires, il suffit de les mettre au chômage lorsqu'ils ont atteint la dose-limite. On en prend d'autres pour la suite des travaux. Le coût est ainsi indépendant des limites de dose.

Il faut remarquer en outre que s'il n'y a pas de seuil à l'action biologique des faibles doses de rayonnement et si l'effet est proportionnel à la dose reçue, l'effet global sur une population irradiée sera déterminé par la dose collective reçue. Diminuer les doses pour les individus revient à mieux les protéger mais ne pas réduire la dose collective c'est admettre le même détriment global pour le groupe, c'est à dire le même nombre de morts.

Ainsi, ne pas faire allusion à la dose collective, ne pas donner de recommandations pour la réduire alors qu'on admet que le facteur de risque augmente c'est considérer comme acceptable que le nombre de morts augmente. Curieuse protection !

Si les nouvelles recommandations n'ont guère soulevé de critiques chez les exploitants nucléaires à propos de la réduction des limites de dose annuelles pour leur personnel, elles n'ont pas été appréciées de ceux qui auraient à gérer socialement les accidents nucléaires [22]. En effet si la dose annuelle de 1mSv (100 millirem) pour la population ne pose pas de problèmes en fonctionnement normal ou quasi-normal des réacteurs nucléaires, il n'en va pas de même en cas d'accident grave.

Les accidents graves sur des installations nucléaires avec des rejets radioactifs importants dans l'environnement ont été envisagés dès les années 50 par la CIPR. En cela elle était en synchronisme avec les responsables de l'industrie nucléaire.

Aux Etats-Unis le premier réacteur producteur d'électricité date de 1951, en URSS il date de 1954, au Royaume-Uni et en France c'est en 1956 que la production électronucléaire a démarré. Dès 1954, une loi (le Price Anderson Act) limitait aux Etats-Unis la responsabilité civile des exploitants nucléaires en cas d'accidents nucléaires graves. En France une loi analogue mais plus laxiste en matière de responsabilité civile était votée en 1968 (dans l'indifférence générale). On voit donc que les décideurs nucléocrates avaient dès le départ envisagé les accidents graves et ont exigé des pouvoirs politiques d'être protégés des conséquences financières de ces accidents. Ces exigences ont été perçues par les experts de la CIPR qui ont bien vu le problème. Ils ont exclu du champ d'application de leurs recommandations les situations d'«urgence radiologique» dont font partie les catas-

trophes nucléaires. Dans ces situations la notion même de limite de dose perd tout sens. En cas d'accident la limite de 1 mSv/an de la CIPR 60 serait certainement dépassée pendant plusieurs années pour un grand nombre d'individus de la population. Certains gestionnaires parfaitement lucides et conscients des problèmes réels, se rendent compte qu'en cas d'accident, dire aux gens qu'ils allaient recevoir plus que le 1 millisievert «acceptable» risquerait de provoquer des «turbulences» et c'est bien la raison pour laquelle ils se sont opposés à l'adoption des nouvelles normes [22].

D'autres gestionnaires sont moins inquiets. En effet, en cas de contamination de l'air, de l'eau, de la nourriture, il serait difficile à un individu d'évaluer par ses propres moyens l'équivalent de dose de rayonnement qui l'aurait affecté. Il lui serait impossible d'effectuer la moindre vérification concernant la prise ou l'absence de prise de décision éventuelle d'une contre-mesure (évacuation par exemple). Cette dose serait calculée par les experts officiels suivant de mystérieux modèles mathématiques dont les paramètres sont facilement ajustables pour obtenir ce que l'on désire.

Mais on bute là sur un problème qui dépasse largement le problème des limites de dose dites acceptables. Toutes ces évaluations-experts seraient-elles acceptées par la population ? Quelle crédibilité accorderait-on à ces expertises officielles ? On sort là du domaine de la radioprotection pour entrer dans le domaine de la gestion médiatique des crises nucléaires, autre problème qu'il faudrait bien aborder.

Finalement, en toute logique, si en cas d'accident nucléaire grave on ne peut pas garantir que les doses reçues par la population ne dépasseront pas les limites «acceptables» c'est que ces accidents sont inacceptables. Mais si l'industrie nucléaire ne peut pas faire la preuve que de tels accidents sont impossibles alors il faut conclure que cette industrie est inacceptable.

Il est vrai que les nouveaux critères *des interventions toujours justifiées* en cas d'accident ne sont en réalité que des critères de non-intervention. L'évacuation avec relogement n'aurait lieu que pour une dose évitée supérieure à 1 sievert (100 rem) (Annexe VII); la non-évacuation pour une dose évitée inférieure à 1 sievert, la non-réglementation de la nourriture contaminée pour un niveau de contamination inférieur à 10 000 becquerels par kg pour les émetteurs ß et 100 Bq/kg pour les redoutables émetteurs alpha tels que le plutonium. Avec de tels critères Tchernobyl n'a été qu'une catastrophe psychologique due à des mesures intempestives prises par les autorités soviétiques... C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle ont abouti les organismes internationaux chargés d'évaluer la gestion soviétique de la crise ouverte par la catastrophe de Tchernobyl [28]. Il ne faut pas s'en étonner puisqu'on retrouve, parmi les intervenants chargés de l'évaluation, des experts faisant partie simultanément de diverses instances internationales CIPR, OMS, UNSCEAR etc.

Ces recommandations particulièrement graves sont passées totalement inaperçues, la revendication des nouvelles normes, 20 millisievert par an pour les travailleurs et 1 millisievert par an pour la population a occupé tout le terrain de la contestation.

Tout au long des rapports de la CIPR le souci économique est présent en permanence. Les derniers textes de la Commission vont jusqu'au bout de ces conceptions économiques de la radioprotection puisqu'on en arrive au coût de l'homme-sievert, c'est à dire au prix d'un cancer mortel, d'un retard mental grave, d'un fardeau génétique pour nos descendants. Tous ces «détriments» ne sont finalement pour la Commission que des marchandises et en bons commerçants les experts de la CIPR ont beaucoup travaillé pour établir leur prix correct compatible avec l'économie. Que des spécialistes choisis pour leur compétence scientifique ou médicale en soient arrivés à ce niveau de cynisme sans que cela ne soulève la moindre parcelle d'indignation montre bien à quel niveau d'horreur sociale nous en sommes.

L'«honnêteté» intellectuelle des experts de la CIPR n'est pas à mettre en doute car dans leurs dernières recommandations de 1990 ils reconnaissent que les propriétés biologiques du rayonnement ne permettent pas d'établir des normes de niveaux acceptables de rayonnement sur des bases strictement scientifiques et qu'une large part de subjectivité doit être introduite pour fixer les normes de radioprotection. On ne peut être plus honnête. Mais là où l'honnêteté dérape c'est que ces experts reconnus par la communauté scientifique pour leur compétence ne déclarent pas que la radioprotection est hors de leur domaine de compétence et qu'ils devraient laisser la place aux économistes de la marchandise.

Finalement ces experts «honnêtes» tout en reconnaissant que leur compétence scientifique n'est guère utile en la matière s'efforcent, par un langage pseudo-scientifique de donner une justification scientifique à leurs propos.

En somme, reconnaître scientifiquement qu'on sort du domaine scientifique permet de conserver le leurre scientifique.

RÉFÉRENCES

1. Roger BELBÉOCH, *Les mythes de la radioprotection*, SEBES, n°2, 1990, (p. 21-32).
2. Henri Becquerel par exemple. Après une brûlure accidentelle causée par le transport d'un sel de radium il déclare à propos du radium: «Je l'aime, mais je lui en veux». Cette anecdote est rapportée par Marie Curie dans son livre *Pierre Curie*, 1923.
3. Madame Pierre CURIE (sic), *Radioactivité*, Tome II, Editions Hermann et Cie, Paris, 1935, «Les radioéléments peuvent être utilisés pour la thérapie par voie interne, à la manière d'un médicament; ils agissent alors principalement par le rayonnement alpha [...]». La Curiethérapie «fait appel à l'effet stimulant éventuel du rayonnement alpha, soit disséminé dans l'organisme, soit d'une manière plus locale». Marie Curie détaille ensuite les diverses formes que l'on peut utiliser: l'ingestion de boissons radioactives, les injections intraveineuses ou intramusculaires, l'inhalation de radon, les bains dans des eaux radioactives. Elle signale aussi l'intérêt des «engrais radioactifs composés généralement de résidus de fabrication de minerais radifères». (Elle ne mentionne pas que cette propriété est bien commode pour se débarrasser des déchets radioactifs en les rentabilisant dans l'agriculture). Toutes ces propriétés bénéfiques correspondent à des faibles doses (d'ailleurs pas si faibles que cela avec les critères actuels). Les effets néfastes des fortes doses sont bien sûr mentionnés.
4. Maurice LEBLANC, *L'île aux trente cercueils*, 1919. Le héros Arsène Lupin récupère sur Vorski le «superboche» (sic) la précieuse *Pierre-Dieu*, bloc de pierre venant de Bohême et contenant du radium. Cette pierre permet par une utilisation judicieuse d'améliorer la croissance des plantes et la santé des gens.
5. Catherine CAUFIELD, *Multiple Exposure, Chronicles of the Radiation Age*, Penguin Books, 1989. L'auteur donne de nombreux exemples de publicité pour l'usage thérapeutique de la radioactivité. Le dernier mentionné date de 1985 et recommande des séjours prolongés dans l'atmosphère de radon de mines abandonnées contre arthrose, sinusite, migraine, eczéma, asthme, psoriasis, allergies, diabète.
6. «International Recommendations on Radiological Protection», London 1950», in *British J. of Radiology*, 1951, Vol. XXIV n°277.
7. Seventh International Congress on Radiology, Stockholm 1954, *Acta Radiologica*, Supplementum 116.
8. En 1993 l'enquête d'une journaliste américaine révélait que des cobayes humains avaient été utilisés dans les années 1940-1950 pour l'étude des effets du rayonnement. En particulier, des médecins ont effectué des injections de plutonium et d'uranium enrichi, ont exposé des personnes à des nuages radioactifs et à des doses massives de rayons X. Ces informations ont été rapportées dans la presse française et dans la revue *La Recherche*, n° 275, avril 1995 (pp. 384-393).
Il paraît impossible que de telles pratiques aient pu se mettre en place sans le consentement d'un certain nombre de scientifiques. C'est peut-être à eux que Niels Bohr voulait s'adresser. Si c'est

le cas son appel n'a guère eu de résultat car ces pratiques ont duré au-delà de 1970.

9. Les recommandations de la Commission en 1956 à Genève furent rédigées en 1958, publiées en 1959 (Pergamon Press) sous le titre *Publication CIPR 1*. La traduction française a été publiée en 1963, Gauthier-Villars Editeurs, Paris.
Cette lenteur dans l'expression des recommandations est curieuse. Pour une Commission dont les membres n'étaient pas partisans de législations nationales concernant la radioprotection à cause de leur lenteur à s'ajuster à des recommandations rapides pouvant intervenir du jour au lendemain (voir le chapitre IV, 7ème congrès international de radiologie).
10. ICRP, Committee I. «The Evaluation of Risks from Radiation», *Health Physics,* 1966, Vol. 12, p. 239-302.
11. *ICRP Publication 9*, Pergamon Press, 1966
12. La collecte des données chez les survivants japonais a commencé en 1950, cinq ans après les bombardements. Il s'agissait au début d'un suivi de mortalité, la morbidité ne sera incluse dans le suivi que plus tard. La connaissance des lieux où se trouvaient les personnes au moment du flash, à l'intérieur où à l'extérieur des bâtiments (leur position, debout, penché, etc.) permettait de leur attribuer les doses censées avoir été reçues pendant l'explosion à partir d'un modèle mathématique représentatif de l'explosion. Une vive polémique surgit en 1980 à propos de l'évaluation des doses, elle se terminera par le constat que les doses calculées jusqu'alors étaient fausses, le modèle mathématique pour simuler les explosions n'était pas correct. Toutes les doses ont été recalculées. La fondation américano-japonaise chargée des études *Radiation Effect Research Foundation* (RERF) a refusé pendant longtemps de rendre publiques les données du suivi des survivants.
13. International Commission on Radiological Protection, «Recommendations of the International Commission on Radiological Protection», *ICRP Publication 26* (Adopted January 17, 1977). *Annals of the ICRP,* vol. 1 n° 3, Pergamon Press.
14. Roger BELBÉOCH, «Les recommandations de la CIPR de 1977 à 1990: Comment les experts conçoivent notre protection contre les rayonnements», in *La Gazette Nucléaire* n°105-106, janv. 1991.
15. Karl Z. MORGAN, «ICRP Risks Estimates. An Alternative View», *Radiation and Health, the Biological Effects of Low Level Exposure to Ionizing Radiation,* Edited by Robin RUSSELL Jones and Richard SOUTHWOOD, John Wiley and Sons, 1987.
En 1979 la CIPR 30 introduit pour les travailleurs les Limites Annuelles d'Incorporation par inhalation et ingestion et une Limite dérivée de concentration dans l'air. Entre 1979 et 1989 rapports principaux et additifs vont se succéder pour déterminer ces limites pour tous les radionucléides toujours sous le titre de CIPR 30.
A partir de ces limites on peut recalculer les valeurs des CMA eau et air. [La nouvelle unité utilisée est le becquerel (1 microcurie = 37000 Bq)]. Karl Morgan, dans son article de 1987 montre que plus de 70 % des nouvelles LAI correspondent à une augmentation des anciennes CMA air et eau.
16. Edward P. RADFORD, «Recent Evidence of Radiation-induced Cancer in the Japanese Atomic Bomb Survivors, *Radiation and Health,* ibid; la traduction française de ce texte a été publiée dans *la Gazette Nucléaire* n° 84/85, janvier 1988.
17. Dale L. PRESTON, Donald A. PIERCE, «The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors», Radiation Effects Research Foundation, Technical Report RERF TR 9-87.
18. *La Gazette Nucléaire* n° 96/97, juillet 1989, p. 26
19. Roger BELBÉOCH, «Commentaires sur les projets Cogéma en Limousin», in *La Gazette Nucléaire* n° 129/130, Déc. 1993.
20. *La Gazette Nucléaire* n° 117/118, août 1992, pp. 10-13.
21. Académie des Sciences, «Risques des rayonnements ionisants et normes de radioprotection»., *Rapport 23*, Paris, 1989
22. L'adoption des nouvelles normes de radioprotection pour le public (1mSv/an au lieu de 5 mSv/an) a déclenché un tir de barrage des responsables français. Au sein de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) la France a tenté en 1994 de retarder la signature d'un accord international consacrant les nouvelles normes de la CIPR. Les arguments avancés par le chef de file de l'opposition aux normes de la CIPR, le Pr Pellerin, sont clairs si l'on se

reporte aux indications du journal *Le Monde* du 2 juillet 1994 : « Dans ces notes qui circulent sous le manteau dans les milieux du nucléaire, l'ancien directeur du SCPRI [Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants] invoque des raisons *d'ordre psychologique et médiatique* à l'appui de sa thèse. La limite de 1 mSv serait immédiatement dépassée en cas d'incident même mineur. Or estime-t-il, *la population n'acceptera pas, en situation accidentelle, que l'on applique des normes moins sévères que celles applicables en circonstances normales*».

23. Académie des Sciences, «Problèmes liés aux effets des faibles doses des radiations ionisantes», *Rapport n° 34,* octobre 1995. « Il n'existe pas de fait scientifique récent apportant un argument en faveur d'un abaissement à 1 mSv/an pour le public en France. Il n'existe pas de fait scientifique indiscutable et récent, apportant un argument en faveur d'un abaissement des normes en vigueur en France pour les travailleurs [...].» L'Académie des Sciences recommande depuis 1989 une dose-vie de 1 Sv pour les travailleurs.
24. L'irréductibilité de la position hexagonale contre les nouvelles normes a suscité des conflits entre les exploitants du nucléaire (EDF) mis au ban des exploitants mondiaux et les responsables en radioprotection. Dans le cadre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques M. Claude Birraux, député, a organisé une audition ouverte à la presse sur la Radioprotection le 23 novembre 1995. Parmi les participants à cette séance M. Roger Clarke, Président de la CIPR et une importante délégation de l'Académie des Sciences dont le Pr M. Tubiana : Claude BIRRAUX, *Contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaire,* Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *Rapport n° 2651* (Assemblée Nationale), n° 278 (Sénat). Ce rapport comporte un compte-rendu de cette séance ainsi qu'un important article de Claude Birraux sur «Les Fondements scientifiques de la révision des normes de radioprotection».
25. *La Gazette Nucléaire* n° 105/106 pp. 3-16
26. «Appel au corps médical», *La Gazette Nucléaire* n° 96/97 p. 28.
27. Annie THÉBAUD-MONY et al. *Enquête de médecins du travail sur le suivi médico-réglementaire des salariés prestataires de service des installations nucléaires de base,* Recherche coopérative de l'Inspection médicale du travail de la région Centre et de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, décembre 1991.
28. Bella et Roger BELBÉOCH, *Tchernobyl, une catastrophe* Editions Allia, Paris, 1993.

ANNEXE I
Le facteur de risque cancérigène

Le facteur de risque (nombre de cancers mortels par million d'hommes-rem ou 10 000 hommes-sievert) est essentiellement fondé sur le suivi de mortalité des survivants japonais des bombes A. Les premières estimations pouvaient laisser croire à l'existence d'un seuil (et même d'un effet bénéfique aux doses faibles) mais cela disparut avec un suivi plus long. Une des explications donnée par Alice Stewart fut que les survivants constituaient une population non standard compte tenu de la situation catastrophique qui suivit les bombardements et élimina les individus les plus faibles de la population. Les survivants constituaient donc un groupe sélectionné ayant un niveau de santé supérieur à la moyenne. Cette sélection a été d'autant plus accentuée que la dose reçue était plus élevée. Seuls les plus résistants ont survécu aux fortes doses. Deux effets antagonistes se superposaient : effet cancérigène croissant avec la dose + effet de sélection croissant avec la dose.

Leur résultante pouvait avoir l'aspect d'un effet cancérigène indépendant de la dose, du moins pour les doses pas trop élevées. Cet effet de sélection s'atténuera avec le temps et l'observation montrera un effet cancérigène compatible avec une relation linéaire en fonction de la dose pour des suivis suffisamment longs.

Un autre point qu'il faut souligner c'est que ce facteur de risque cancérigène mortel est divisé par un coefficient 2 lorsqu'il est appli-

qué à des cohortes autres que celle des survivants japonais. Le Comité UNSCEAR des Nations-Unies (UNSCEAR: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) indiquait en 1988 une fourchette de 2 à 10 comme coefficient de réduction.

L'argument avancé est que les survivants japonais ont subi le rayonnement sous la forme d'un flash très bref pendant lequel la restauration cellulaire n'a pas pu s'effectuer. Le risque serait donc plus élevé, à dose cumulée égale, que pour des irradiations chroniques à faible débit de dose. Il s'agit là d'un argument tout à fait théorique qui ne s'appuie sur aucune observation expérimentale concernant *l'induction de cancers*. Bien au contraire, une étude du National Radiological Protection Board (NRPB) sur les travailleurs de l'industrie nucléaire britannique soumis à une irradiation professionnelle à faible débit de dose, montre que le taux de leucémie trouvé chez ces travailleurs est voisin du résultat brut observé sur les survivants, sans le facteur 2 de réduction utilisé par la CIPR et ce résultat est statistiquement significatif. Quant aux tumeurs solides, le facteur de risque est supérieur à celui admis par la CIPR mais la statistique est insuffisante pour affirmer ce résultat avec une bonne confiance statistique. Un suivi plus long devrait améliorer la précision. Cette première étude a été publiée en 1992, complétée en 1993. Depuis, le NRPB n'a rien publié sur le sujet. Une deuxième analyse a pourtant été planifiée mais la publication ne serait pas imminente. Il semble bien que la mise en place du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) à Lyon qui désormais centralise toutes les études sur les travailleurs a plutôt ralenti le cours des choses.

Les organismes chargés de l'étude des effets biologiques des rayonnements ionisants utilisent des coefficients de réduction lorsqu'ils transposent les résultats du suivi des survivants japonais à des populations soumises à des rayonnements à dose faible et à débit de dose faible. Le tableau ci-dessous donne le facteur de risque évalué par divers organismes.

On voit que la CIPR comme l'UNSCEAR prennent les facteurs de risque les plus faibles. Toutes les publications qui ont repris l'étude des survivants japonais font l'impasse sur l'estimation la plus élevée du risque cancérigène du Rapport TR-87 de 1987 de Preston et Pierce.

RÉFÉRENCES

Alice STEWART, «*Effets sur la santé de l'irradiation par des doses faibles*», in *La Gazette Nucléaire*, n° 56/57, décembre 1983, pp. 8-24

G. M. KENDALL *et al.*, «Mortality and Occupational Exposure to Radiation: First *Analysis of the National Registry for Radiation Workers*, in British Medical Journal, vol. 304, 1992, pp. 220-225.

G. M. KENDALL *et al.*, «*First Analysis of the National Registry for Radiation Workers: Occupational Exposure to Ionising Radiation and Mortality*», NRPB Report. NRPB-R251, January, 1992.

M. P. LITTLE *et al.*, «Further Analysis, Incorporating Assessment of the Robustness of Risks of Cancer Mortality in the National Registry for Radiation Workers», *J. Radiol. Prot.* Vol. 13, n° 2, 1993, pp. 95-108.

Organismes	Nombre de cancers par million d'hommes-rem
CIPR 26 (1977)**	125 (valeur surestimant le risque: existence possible d'un seuil)
RERF (1987) (résultats bruts)	1740 (absence de seuil)
BEIR V (1990)*	800 (absence de seuil)
CIPR 60 (1991)**	500 (absence de seuil)
UNSCEAR (1993)**	~500 (absence de seuil)

* Le facteur de risque est divisé par 2 pour la leucémie, pas pour les cancers solides
** Le facteur de risque est divisé par 2 (faible débit de dose et doses faibles).

Bella BELBÉOCH, «Le suivi de mortalité des travailleurs de l'industrie nucléaire britannique: une nouvelle estimation du risque cancérogène du rayonnement», in *La Gazette Nucléaire,* n° 117/118, août 1992.

Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V). *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*, United States National Academy of Sciences, National Research Council, National Academy Press, Washington, 1990.

UNSCEAR, *Sources and Effects of Ionizing Radiation,* Report to the General Assembly, 1993.

Dale L. PRESTON, Donald A. PIERCE, «The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors», *Radiation Effects Research Foundation, Technical Report* RERF TR 9-87, 1987, pp. 35-36.

ANNEXE 2
La «ténébreuse affaire» de la dosimétrie des survivants japonais

Il n'est pas possible de séparer les recommandations de la CIPR du suivi de mortalité des survivants japonais des bombardements atomiques de 1945 qui constituent la plus grande base de données pour l'évaluation du risque cancérigène du rayonnement. En 1981 le monde de l'expertise en radioprotection fut violemment perturbé par une «ténébreuse affaire», expression utilisée par un vieil expert en la matière l'américain Seymour Jablon. On découvrait avec stupéfaction que la dosimétrie affectée aux survivants enregistrés pour l'étude était complètement fausse. Or ce sont ces doses qui permettent, connaissant le taux de mortalité des survivants, de trouver la relation effet/dose.

J'ai détaillé l'«affaire» en 1983 dans un article «Le système de radioprotection est fondé sur des données fausses» publié par *La Gazette Nucléaire* n° 56/57 de décembre 1983.

Dans l'étude des survivants japonais, l'évaluation des morts par cancers qu'on pouvait attendre dans une telle population a été critiquée depuis assez longtemps. Le deuxième terme de la relation effet/dose, les doses reçues à Hiroshima et Nagasaki était resté dans l'ombre et personne n'y faisait allusion, ce qui pouvait laisser croire que les doses ne posaient pas de problème.

Le 22 mai 1981 la revue scientifique américaine *Science* titre: «Les bases de 15 ans de recherches sur le rayonnement pourraient être fausses. La toxicité du rayonnement pourrait être sous-estimée».

Deux physiciens, W. E. Loewe et E. Mendelsohn, d'un laboratoire américain de recherche sur les armes nucléaires venaient de recalculer le rayonnement émis pendant les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki. Leurs résultats mettaient en cause l'évaluation officielle du risque cancérigène du rayonnement.

«Que d'énergie, que de temps perdus par les uns et par les autres pour construire ces rapports biaisés, ensuite pour les démolir, finalement pour revenir à zéro». Ce texte est extrait de l'intervention du Pr Latarjet, membre de l'Institut, à une réunion de la SFEN (Société Française pour l'Energie nucléaire) et de la Société Française de Radioprotection (SFRP) qui s'est tenue le 9 mars 1981, c'est à dire moins de trois semaines après la publication de Science. Ce professeur visait les études dont les résultats ne sont pas conformes aux normes officielles et qui sèment le trouble dans les consciences honnêtes. Les experts sont alors contraints à une gymnastique difficile afin, comme il dit «d'éviter au spectateur honnête les affres du débat». Le fait que l'étude qui lui sert de référence ne soit pas correcte ne semble pas troubler ce professeur, même si les trublions, cette fois, font partie de l'establishment nucléaire militaire.

A partir de 1947, le gouvernement américain a financé une enquête épidémiologique de grande envergure sur les survivants japonais. Paradoxalement, les catastrophes nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki allaient servir à démontrer que les dangers du rayonnement dans le domaine des «faibles doses» n'étaient pas très élevés, ce qui devait permettre un

développement bon marché de l'industrie nucléaire avec des normes de protection suffisamment souples et non contraignantes. Certains experts allèrent même jusqu'à démontrer l'effet bénéfiques des faibles doses.

Les survivants japonais vont être suivis de 1950 jusqu'à leur mort. Cela donnera l'«effet». quant à la dose elle sera déterminée par des calculs simulant les explosions et la connaissance de l'endroit où chacun des survivants se trouvait au moment des bombardements. Des explosions expérimentales furent faites dans le Névada pour tenter de vérifier certains résultats des calculs. Ce dossier est longtemps demeuré secret. Quant aux données biologiques, elles ne furent pas accessibles à des chercheurs autres que ceux officiellement affectés à l'étude, bien qu'aucune clause de secret militaire ne fut avancée. Seules les conclusions sur l'effet du rayonnement et quelques analyses partielles furent publiées. Quand le secret fut levé sur le calcul des doses reçues certains chercheurs demandèrent des explications sur les hypothèses utilisées. Le responsable, John Auxier, du Laboratoire National d'Oak Ridge, se déclara incapable de fournir des précisions sur les hypothèses qu'il avait utilisées car ses dossiers s'étaient égarés et furent détruits au cours d'un déménagement! Rappelons qu'il s'agissait de secrets militaires servant de base à la protection sanitaire pour tous les habitants de la Terre! Etrange coïncidence car on apprend maintenant par les bouches officielles que, depuis 1975, beaucoup de spécialistes avaient de sérieux doutes sur la validité de ces calculs. Il faut noter que ces experts qui «doutaient» se sont abstenus de participer à la polémique qui opposait les deux grandes études quantitatives, celle sur les survivants japonais et celle sur les travailleurs de Hanford. Le responsable de l'étude (et de la disparition des données) a récemment déclaré «Nous savions à ce moment [en 1965] que la réponse que nous avions donnée n'était pas assez bonne, mais nous avions une réponse et les crédits s'épuisèrent». L'important pour cet expert n'était pas d'avoir une réponse correcte mais simplement une réponse. il n'indique pas que les crédits lui furent refusés pour trouver une réponse plus correcte. La réponse qu'il apportait à la radioprotection était satisfaisante à la fois pour les promoteurs de l'industrie nucléaire et les militaires fabricants de bombes.

Les chercheurs qui viennent de refaire les calculs sont bien embarrassés et considèrent cette étude comme un cadeau empoisonné [...].

Leur position est assez délicate. hésitation à publier des résultats définitifs, déclarations contradictoires, affirmations curieuses du genre: nos résultats sont préliminaires, il ne faut pas en tirer de conclusions pour la radioprotection, mais de toute façon les conséquences biologiques seront inchangées (c'est quasiment une promesse faite aux officiels) et il ne sera pas nécessaire de modifier les normes de radioprotection. Or, même si leurs résultats sont préliminaires, on peut cependant tirer deux conclusions définitives:

1) Les calculs précédents étaient grossièrement faux.

2) Les normes actuelles de radioprotection n'ont plus aucun fondement scientifique [c'était en 1983].

Il faudrait d'ailleurs ajouter: de nombreux experts officiels connaissaient la situation et ils n'ont rien dit.

Des conférences en juin et septembre 1981 ont réuni des spécialistes. Cela devenait urgent, car le sujet risquait d'être explosif. Les journaux (américains) en parlaient, des bruits circulaient dans les couloirs des laboratoires spécialisés [...]. [L'expert officiel en radioprotection] Seymour Jablon a bien résumé la situation:

«Etant donné l'expérience unique [sic] à Hiroshima et Nagasaki et les dizaines de millions de dollars qui ont été dépensés pour essayer d'accumuler des résultats de biologie humaine, il est vraiment consternant de penser que nous sommes ici, trente-six ans plus

tard, à débattre des ordres de grandeur des doses reçues».

Et pour finir il formule le souhait que les recherches se terminent vite. Il n'ajoute pas que c'est son désir de vérité qui le pousse. Mais l'amertume de ses propos montre bien que ce genre de débats risque fort d'enlever beaucoup de crédibilité à ces experts qui depuis 1975 savaient (ou auraient dû savoir) que les données numériques sur lesquelles leurs discours s'appuyaient étaient fausses. Le même Jablon précise clairement le sens que doivent suivre les nouvelles recherches: «Je pense qu'il est absolument nécessaire, dans cette ténébreuse affaire, que tout système de dosimétrie qui en résultera finalement soit raisonnablement en relation avec les influences biologiques que nous connaissons [...]».

Pour ce personnage important le raisonnement est le suivant:

1) Le rayonnement est peu dangereux et les normes traduisent ce point démontré parfaitement par l'étude épidémiologique que nous, experts dûment reconnus, avons faite sur les survivants japonais.

2) Comme le rayonnement est peu dangereux et que les normes internationales sont parfaitement fondées (voir le paragraphe précédent), il n'est pas pensable qu'un calcul sur les explosions d'Hiroshima et de Nagasaki puisse montrer le contraire.

Le raisonnement est d'une parfaite circularité: il faut s'appuyer sur les normes internationales pour évaluer les doses de rayonnement reçues par les survivants japonais, dont la connaissance est nécessaire pour estimer le risque cancérigène du rayonnement afin d'établir des normes scientifiquement fondées! Ce personnage est probablement des plus importants car ses raisonnements curieux ne semblent pas avoir soulevé d'objection de principe de l'auditoire.

Quand on lit les comptes-rendus de ces réunions d'experts, il apparaît à l'évidence que les responsables officiels de la pathologie du rayonnement qui se disent les garants de notre protection ont un postulat de base: le rayonnement n'est pas dangereux. Ce postulat est absolument nécessaire pour le développement de l'industrie nucléaire.

Le fond de la discussion sur le calcul des explosions est le suivant. Le modèle mathématique utilisé en 1965 pour simuler les explosions conduisait à différencier les effets produits par les deux bombes. Celle d'Hiroshima (à uranium enrichi) aurait donné plus de neutrons que celle de Nagasaki (au plutonium). Ceci amenait les experts à attribuer une bonne partie des cancers observés chez les survivants à l'effet des neutrons. Il restait peu de cancers pour le rayonnement gamma. L'industrie nucléaire naissante grosse productrice de ce rayonnement était satisfaite. Mais cette évaluation suscite toujours des polémiques même parmi les experts officiels. Par exemple au cours des réunions du Comité BEIR de l'Académie des Sciences des U.S.A [comité spécialisé dans l'étude des effets biologiques des rayonnements], le président soutenait la thèse que le danger des neutrons était surestimé et qu'en conséquence le risque lié au rayonnement gamma était, lui, sous-estimé. Rossi, un autre expert soutenait la thèse inverse et proposait d'augmenter les doses maximales admissibles pour les gammas. La majorité du comité préféra recommander le statu quo, compromis finalement acceptable par les militaires et les civils. Cependant la polémique inquiéta certains laboratoires militaires qui se voyaient menacés d'un renforcement des normes de sécurité liées aux neutrons. Ceci les poussa à revoir les données de base que par ailleurs ils savaient douteuses. Les nouveaux calculs montrèrent que le taux de neutrons avait été surestimé d'un facteur pouvant aller jusqu'à 10. Le résultat est immédiat: les cancers qu'on attribuait aux neutrons il faudrait maintenant les attribuer aux rayons gammas qui deviennent alors particulièrement dangereux. Pour éviter la déroute des comités d'experts et les conséquences qui en résulteraient pour l'industrie nucléaire il était urgent de rendre l'affaire «ténébreuse» suivant l'expression de Jablon.

Signalons au passage qu'il n'y a plus maintenant aucune donnée valable sur l'effet biologique des neutrons et on voit difficilement comment les experts internationaux pourraient justifier une évaluation quelconque du risque de ce rayonnement. [C'était en 1983 mais ce n'est pas faux encore actuellement].

L'affaire s'est compliquée encore plus. Profitant du débat certains spécialistes commencèrent à éplucher de près les hypothèses de ces évaluations et mirent en doute ce que par euphémisme ils nomment négligences dans les calculs antérieurs. Toutes vont dans le même sens: surévaluer la dose affectée aux neutrons, ce qui minimise le risque cancérigène [des gammas]. On s'aperçoit alors qu'il faut recalculer correctement l'absorption du rayonnement par les tissus humains pour avoir la dose correcte reçue par les différents organes. D'autre part l'effet d'écran des bâtiments au moment des explosions a été assez largement sous-estimé. En particulier, un physicien d'un laboratoire américain de Brookhaven remarqua que, pour Nagasaki, une fraction importante de la population fut fichée avec des doses beaucoup trop fortes. En effet les travailleurs de l'usine Mitsubishi furent arbitrairement considérés comme étant à l'extérieur. Or pour eux l'effet d'écran protecteur des murs en béton et en acier de l'usine ainsi que les grosses machines fut très important. La difficulté de calculer l'effet ne justifie pas pour autant de le négliger. C'est pourtant ce qui a été fait. Le minimum qu'on devait exiger des experts c'était de reconnaître l'énorme difficulté de calculer les doses reçues par la population, de préciser les simplifications apportées par leurs hypothèses, d'évaluer honnêtement les marges d'erreur qui sont considérables. Or on s'aperçoit que toutes les hypotèses simplificatrices ont été dans le sens d'une minimisation de l'effet biologique. Ceci est particulièrement inadmissible quand il s'agit de la protection de la santé.

Le président du comité BEIR, Edward Radford, a relancé la polémique que les officiels de la santé avaient réussi à éteindre. Il proposa que les normes prennent en compte un risque deux fois plus élevé que celui reconnu auparavant et cela en attendant des résultats plus précis. Ce facteur 2 est d'ailleurs totalement arbitraire. Il ajouta qu'on devrait envisager, dans l'estimation des risques, l'induction de tous les cancers qu'ils soient mortels ou non. Ceci donnerait une meilleure évaluation du détriment causé par le rayonnement. La logique des normes internationales de radioprotection impliquerait alors de réduire les doses maximales admissibles pour les travailleurs et la population par un facteur 2 ou 4. Les experts auraient évidemment toujours la possibilité de renoncer à leurs critère d'acceptabilité et de le remplacer par un critère de nécessité pour l'industrie nucléaire, indépendamment des conséquences pour la santé [...]

Cette « affaire » assez extraordinaire où l'on découvre que des données de base essentielles pour l'établissement des normes de radioprotection ont été jetées à la poubelle, n'a guère eu d'écho dans les médias. Une fois le consensus obtenu parmi les belligérants on n'en parla plus.

Les doses reçues par les survivants japonais ont été réévaluées à partir des modèles déclarés corrects. La nouvelle dosimétrie établie en 1986 (DS-86) ne change pas grand chose au facteur de risque: les neutrons ont diminué mais les gamma ont augmenté. Les résultats sont désormais plus concordants entre Hiroshima et Nagasaki.

ANNEXE 3
Le rayonnement médical

La CIPR ne tient pas compte du rayonnement médical pour établir les limites de dose. Pour la Commission, le rayonnement médical est celui qu'on délivre aux malades. Suivant cette logique, il faudrait considérer les examens par rayons X imposés aux travailleurs de l'industrie nucléaire afin de suivre leur état de santé, comme du rayonnement professionnel. La

CIPR n'adopte pas cette logique mais le problème n'a pas été soulevé dans les milieux syndicaux et n'a pas été débattu par les travailleurs concernés.

Les irradiations médicales ne font pas partie du champ de la radioprotection. Elles sont sous la seule responsabilité des médecins. Cependant la CIPR ressent le besoin d'aborder ce problème dans un chapitre spécial de ses recommandations.

Dans la publication 26 de 1977, la CIPR indiquait à propos des «examens directement liés à une affection»:

«Il est indispensable que la décision soit fondée sur une évaluation correcte de l'indication de l'examen, du bénéfice escompté de l'examen et de l'importance que les résultats peuvent avoir pour le diagnostic et le traitement médical ultérieur du patient. Il est également important que cette évaluation soit faite sur la base d'une connaissance suffisante des propriétés physiques et des effets biologiques des rayonnements ionisants.» (Art. 197) Cela revient à mentionner aux médecins qu'un diagnostic ou un traitement médical par rayons X n'a pas à être effectué s'il n'est pas vraiment utile car il n'est pas sans danger pour le patient.

«Pour les examens systématiques faits en vue du dépistage de masse, la justification devrait être fondée sur le bilan, d'une part entre les avantages qu'ils comportent pour les individus examinés et pour la population dans son ensemble et, d'autre part, les coûts, y compris le détriment, entraînés par le dépistage.» (Art. 201)

Ce bilan revient à comparer l'efficacité des dépistages (nombre de personnes guéries) et les coûts correspondants. Pour la CIPR ce coût ne se réduit pas aux dépenses mais doit aussi inclure le «détriment», c'est à dire le nombre de personnes qui développeront un cancer radioinduit. Brutalement cela revient à dire qu'il faut comparer pour chaque type d'examen svstématique le nombre de personnes que l'on sauve et le nombre de personnes que l'on condamne à terme. Une bonne connaissance des effets biologiques du rayonnement est nécessaire pour faire ces évaluations. C'est certainement la raison pour laquelle la CIPR terminait ses recommandations concernant l'irradiation médicale par un article relatif à la formation professionnelle:

«La Commission tient à souligner l'importance qu'il y a à inclure une formation suffisante en protection contre les rayonnements dans l'enseignement et la formation générale des individus qui s'engagent dans une profession médicale ou paramédicale. Une formation plus approfondie en protection contre les rayonnements est nécessaire pour ceux qui projettent de s'engager dans la voie de la radiologie ainsi que pour les scientifiques et les techniciens qui apportent leur assistance dans l'utilisation médicale des rayonnements.» (Art 208)

La CIPR dans ses nouvelles recommandations (CIPR 60) est plus explicite concernant les irradiations médicales. Elle intitule un de ses paragraphes «Optimisation de la protection dans le cas des irradiations médicales».

«Parce que la plupart des procédures qui sont cause d'irradiation médicale sont à l'évidence justifiées et que ces procédures sont habituellement directement bénéficiaires à l'individu exposé, moins d' attention a été portée à l'optimisation de la protection dans le cas des irradiations médicales que dans la plupart des autres applications des sources radioactives; ll en résulte un champ d'action considérable en ce qui concerne la réduction des doses en radiodiagnostic. Des mesures simples et peu coûteuses sont disponibles pour réduire les doses sans perdre d'information dans le diagnostic, mais l'étendue de l'application de ces mesures varie beaucoup. Pour des investigations similaires les doses couvrent un domaine qui peut atteindre deux ordres de grandeur [deux ordres de grandeur = un facteur 100]. On doit mettre à l'étude des questions telles que l'emploi de contraintes de dose ou de niveaux d'investigation sélectionnés par des spécialistes appropriés ou l'agence réglementaire pour leur application dans certaines procédures courantes de diagnostic.» (Art. 180)

La Commission ne semble pas penser que ses recommandations de 1977 concernant l'amélioration de la formation médicale sur les effets biologiques du rayonnement ont été efficaces. Elle propose maintenant un système plus contraignant pour s'assurer que les patients reçoivent le minimum de dose au cours des diagnostics ou des traitements par rayons X que leur état rend nécessaire.

ANNEXE 4
Le rayonnement naturel

Le rayonnement naturel bien qu'exclu du champ de la radioprotection est évoqué à plusieurs reprises par la Commission dans la publication CIPR 60.

«La composante de l'irradiation du public due aux sources naturelles est de loin la plus élevée, mais ceci ne fournit aucune justification pour réduire l'attention qu'on doit apporter aux irradiations plus faibles mais plus facilement maîtrisables dues aux sources artificielles.» (Art. 140)

«Parmi les composantes de l'exposition aux sources naturelles, celles dues au potassium 40 dans le corps, les rayons cosmiques au niveau du sol, et les radionucléides de la croûte terrestre sont toutes hors de portée de toute maîtrise raisonnable.» (Art. 135)

D'une façon tout à fait incohérente, après avoir mentionné que le rayonnement naturel ne devait pas servir de référence lorsqu'on s'occupe de sources artificielles de rayonnement, la CIPR finit par utiliser le rayonnement naturel dans ses critères d'acceptabilité pour l'irradiation du public:

«La seconde approche est de fonder le jugement sur les variations des niveaux de dose existants du fait des sources naturelles. Ce fond naturel peut ne pas être sans danger mais il donne seulement une petite contribution au détriment sanitaire que la société subit. Il peut ne pas être le bienvenu, mais les variations d'un endroit à un autre (à l'exclusion des fortes variations de dose dues au radon dans les habitations) peuvent difficilement être appelées inacceptables.» (Art. 190)

Puis renonçant à tout autre critère objectif d'acceptabilité la Commission fonde ses limites de dose uniquement sur le niveau du rayonnernent naturel:

«En excluant les niveaux d'irradiation très variables dues au radon, la dose efficace annuelle due aux sources naturelles est d'environ 1 mSv, avec des valeurs en haute altitude et dans certaines régions géologiques, au moins deux fois plus fortes. Sur la base de toutes ces considérations, la Commission recommande une limite annuelle de dose efficace de 1 mSv.» (Art. 191)

On a vu comment ce critère conduisait à considérer comme acceptable pour la population en 1990 un niveau de rayonnement de 5 à 50 fois supérieur à celui que la Commission considérait comme acceptable en 1977. Il n'est pas venu à l'idée des experts que les populations pourraient éventuellement donner leur avis sur ce qu'elles sont prêtes à accepter.

Dans sa publication 26 de 1977 la CIPR avait bien défini son point de vue concernant le rayonnement naturel et les critères d'acceptabilité:

«Ainsi on considère que les variations régionales de l'irradiation naturelle impliquent une variation correspondante du détriment exactement de la même manière que, par exemple, les variations régionales des conditions météorologiques ou l'activité volcanique entraînent pour les différentes zones des risques de dommage qui sont différents. Compte tenu de ce qui précède, il n'y a aucune raison pour que ces différences dans l'irradiation naturelle influent sur les niveaux acceptables des expositions provenant des activités humaines, pas plus que ne devraient le faire les différences inhérentes à d'autres risques naturels.» (CIPR 26, Art. 90)

Ainsi les experts de la CIPR ont pris en 1990 une position que les experts de 1977 (pour beaucoup ce sont les mêmes) jugeaient déraisonnables, sans avoir eu le souci d'expliquer un changement aussi radical de leurs critères.

ANNEXE 5
Le redoutable principe ALARA

La CIPR a très tôt reconnu l'importance d'«optimiser» les doses reçues ou à recevoir par les travailleurs ou la population. Si l'on considère que le rayonnement est dangereux pour la santé, la logique d'une protection sanitaire correcte, sans restriction, aurait voulu que ces doses soient réduites au niveau le plus bas. En 1950 la CIPR recommandait effectivement de réduire les irradiations «au niveau le plus bas possible». Malheureusement la Commission ne donnait pas de précisions sur ce «possible». Etait-ce aussi bas que possible physiquement ou était-ce aussi bas que possible économiquement ? Le dilemme fut résolu plus tard. En 1977 la CIPR introduisait le principe ALARA, «As Low As Reasonably Achievable», aussi bas qu'il est raisonnablement possible de réaliser. Mais est-ce «raisonnable» de condamner des gens à mourir de cancer en leur imposant certains niveaux de dose parce que la radioprotection coûte cher ? Est-il raisonnable de condamner l'industrie nucléaire à dépenser des sommes considérables pour éviter quelques morts alors que ces dépenses pourraient menacer son développemnt ? La CIPR ne pose pas le problème en ces termes d'une façon aussi crue mais ce qu'elle met en avant n'est-ce pas de préserver l'existence de l'industrie nucléaire dont les avantages pour la société sont le postulat majeur de son activité en tentant d'éviter des débordements qui pourraient socialement poser quelques problèmes ?

La logique de la CIPR se justifie si l'argent nécessaire à l'amélioration de la radioprotection des individus (travailleurs ou population) est plus utile dans d'autres domaines de la protection sociale en protégeant un plus grand nombre de personnes. Le raisonnement est simple et le résultat est simple: les économies d'argent faites par les exploitants nucléaires en n'augmentant pas la radioprotection ne sont pas versées au budget de la protection sociale. Cet argent reste dans la comptabilité des exploitants.

Lorsque la CIPR propose de fixer le niveaux de doses à partir d'une analys coût/bénéfice qu'est-ce que cela signifie qu'est-ce que cela implique ? Cela signifie qu la protection des individus a un coût financie et que le bénéfice que l'on peut en attendr c'est que le nombre de morts par irradiatio soit moindre. Coût pour qui ? Pour l'exploi tant bien sûr. Bénéfice pour qui ? Les indivi dus. Il faudrait sans aucun doute une troi sième force pour tenir le fléau de la balance Laissons l'optimisation aux mains des exploitants et le résultat est garanti d'avance. Qu'est-ce que cette analyse implique ? Pour établir une équation entre des grandeurs différentes il faut évidemment mesurer ces grandeurs avec la même unité. Les coûts se mesurent en coût monétaire. Et les bénéfices, c'est à dire la vie de certains individus ou leur mort comment les mesurer et avec quelle unité ? L'analyse mathématique n'est possible que si la vie des individus (ou leur mort) est mesurée avec l'unité argent. Combien coûte la vie d'un individu ? Telle est l'implication logique de ce concept cynique d'optimisation coût/bénéfice.

De cette approche de la vie est née toute une activité «scientifique» pour évaluer le prix de la vie en dehors des critères subjectifs du genre: à combien estimez-vous le prix de votre vie ? Recherche obscène qui nourrit l'activité de technocrates de la vie et de la mort et donne lieu à des congrès d'experts. Cette recherche est nommée «coût monétaire de l'homme-sievert», et le sievert représente des cancers et bien d'autres «détriments».

La littérature sur ce sujet est très abondante et montre le point de perversion atteint par la réflexion rationnelle de notre société.

Nous retrouverons cette approche dans les critères à observer, d'après la CIPR, en cas d'«urgence radiologique».

ANNEXE 6
Les interventions hors des limites de dose

La publication CIPR 1 prévoyait la possibilité pour certains travailleurs d'être employés en dépassement de limite de dose. Il s'agissait d'«exposition accidentelle élevée unique au cours de la vie» ou d'une «exposition exceptionnelle [pour] un travail indispensable et exceptionnel». Dans les deux cas, ces doses hors des limites «admissibles» étaient balisées par des limites. Un addendum à la publication évoquait dans un court paragraphe l'«exposition en cas d'urgence des populations avoisinantes», mais aucune recommandation n'était formulée.

La publication CIPR 6, révisée en 1962, évoque explicitement l'accident nucléaire: «La Commission a considéré le problème d'une irradiation imprévue d'une population locale après le relâché accidentel d'une grande quantité de matériaux radioactifs [...]. Mais la Commission reconnaît qu'il y a beaucoup de difficultés et d'incertitudes qui restent à considérer». Ces difficultés concernaient essentiellement la fixation de limites pour la contamination interne de la population.

L'accident grave est cependant envisagé comme possible: «Dans le cas d'accidents et de contamination de l'environnement quand les irradiations peuvent ne pas être maîtrisables, le concept d'une dose maximum admissible fixée cesse d'avoir un sens. A la place d'autres considérations apparaissent, telles que le besoin d'équilibrer le risque dû au rayonnement aux risques de contre-mesures particulières.» Mais cela est «encore à l'étude».

Les accidents nucléaires figurent donc dans les préoccupations des experts de la CIPR *dès le début des années 1960* cependant leurs réflexions sont encore très vagues. En 1965 (CIPR 9) le mot «accident» précédemment utilisé est remplacé par l'expression moins traumatisante de «sources non maîtrisables». Plus tard la CIPR utilisera l'expression «urgence radiologique». Au fur et à mesure que les accidents nucléaires possibles apparaissent de plus en plus graves, la CIPR utilise pour les nommer des expressions de plus en plus anodines.

La Commission ne peut rien recommander pour les «niveaux d'action» c'est à dire en clair les interventions qui pourraient limiter l'irradiation des populations.

En 1977 la CIPR 26 présentait ses recommandations d'une façon qu'elle voulait rationnelle. A l'époque, les accidents nucléaires extrêmement graves étaient du domaine de ce que les experts appelaient le «potentiel hypothétique», l'extrêmement peu probable (assimilé à l'impossible). Three Mile Island et Tchernobyl n'avaient pas encore marqué l'histoire de l'industrie nucléaire. L'accident du réacteur de Windscale en 1957 est loin d'avoir été négligeable mais il est passé quasiment inaperçu.

Il est intéressant, puisqu'on analyse les conceptions de la CIPR, de regarder rapidement ce qu'elle envisageait en 1977 pour ce qu'elle appelait l'«intervention dans les situations anormales» sans définir exactement ce que cela signifiait. Voici les principes que la Commission recommandait:

«*Expositions exceptionnelles concertées.* Dans de rares cas, il peut se produire, en marche normale, des situations telles qu'il peut être nécessaire d'autoriser quelques travailleurs à recevoir des équivalents de dose dépassant les limites recommandées. Dans de telles circonstances, les irradiations externes ou les incorporations de substances radioactives peuvent être autorisées sous réserve que la somme de l'équivalent de dose dû à l'irradiation externe et de l'équivalent de dose engagé dû à l'incorporation de radionucléides ne dépasse pas, à l'occasion d'un événement donné, deux fois la limite annuelle appropriée et cinq fois cette limite au cours de la vie.» (CIPR 26, Art. 113) «Au cours même d'un incident grave, I'action urgente nécessaire pour sauver des vies, pour prévenir des dommages aux personnes ou pour éviter une augmentation substantielle des proportions de l'incident, peut obliger à exposer quelques

travailleurs au-delà des limites fixées pour une exposition exceptionnelle concertée. Ces travailleurs devraient être des volontaires et il est souhaitable qu'une information sur les risques dus à des expositions qui dépassent les limites soit donnée, dans le cadre de leur formation normale, à des groupes de travailleurs parmi lesquels on pourrait, dans un tel cas, trouver des volontaires.» (Art. 191) L'information concernant le recrutement de volontaires pour intervenir en dépassement de limite de dose n'est pas une obligation, d'après la CIPR, elle n'est que «souhaitable».

Dans une publication de mai 1984, consacrée à la protection en cas d'accident majeur, la CIPR réaffirmera ce principe du volontariat (CIPR 40, Art. 45).]

«Une fois l'événement initial maîtrisé, il restera le problème du travail de réparation. Celui-ci devra généralement être effectué en assurant le respect des limites recommandées par la Commission, mais, exceptionnellement, on peut rencontrer des cas dans lesquels l'application des limites impliquerait une dépense excessive, une durée excessive des opérations ou le recours à un nombre excessif de personnes. Il conviendrait alors d'examiner s'il ne serait pas juste d'autoriser une exposition exceptionnelle concertée pour un nombre limité de personnes qui effectueraient diverses opérations essentielles.» (CIPR 26, Art. 192)

Mais que faire si des interventions très au-delà des limites de dose sont nécessaires pour limiter le désastre d'un accident nucléaire et s'il n'y a pas assez de volontaires ? La meilleure façon de trouver des volontaires n'est-elle pas de ne pas les informer correctement des dangers réels encourus ? Quant à la durée excessive des opérations ou au recours à un nombre excessif de personnes, le recours à plus de huit cent mille liquidateurs après Tchernobyl (1986) n'était pas imaginable en 1977.

Tchernobyl est certainement un banc d'essai valable pour juger de la possibilité d'appliquer de tels principes.

1) Ne pas dépasser pour les interventions concertées (en cas d'accident on peut supposer que toutes les interventions sont concertées) deux fois les limites de dose soit 0,1 Sv (10 rem).

Les «responsables» soviétiques avaient-ils ce principe en tête quand ils envoyèrent des intervenants sur le toit du réacteur en détresse ?

2) Ils pouvaient envoyer ces gens, mais ce devait être des volontaires bien informés des risques qu'ils allaient courir. Les militaires que l'on a utilisés peuvent-ils être considérés comme des volontaires ? Ont-ils eu des indications précises sur les effets biologiques du rayonnement, sur les conséquences pour leur santé, voire pour leur survie ?

A ce propos une information émanant d'EDF (Direction de la Production et du Transport) doit être mentionnée:

«Prescriptions au personnel.

Troisième partie-projet: *Opérations sous rayonnements ionisants.*

Nous avons par ailleurs considéré que tous les agents de catégorie A [travailleurs sous rayonnement] doivent recevoir une information spéciale sur les risques des expositions dépassant les limites, et sont *a priori volontaires* pour participer éventuellement à une intervention impliquant une exposition d'urgence.» (publié par le *Canard Enchaîné* du 19 juillet 1989)

Les travailleurs sous rayonnement sont d'une façon générale tenus dans l'ignorance des risques qu'on leur fait subir. La notion de volontaire *a priori* est assez nouvelle. Les employés d'EDF doivent ignorer qu'ils ont été déclarés *a priori* volontaires pour recevoir en cas de nécessité des doses importantes de rayonnement. L'usage de l'armée pour des interventions en cas d'urgence exclut a priori le critère de volontariat.

De fait, la Commission en 1990 n'indique plus dans ses recommandations (CIPR 60) que les intervenants qui auraient à subir des

irradiations à des doses supérieures aux limites doivent être choisis parmi des volontaires. En cas de situation d'urgence ou pour la gestion post-accidentelle à long terme le texte demeure vague afin de laisser plus de souplesse aux décideurs:

«Il ne sera jamais correct d'appliquer les limites de dose à tous les types d'exposition, dans toutes circonstances. Pour les circonstances auxquelles elles ne sont pas destinées, comme les cas d'urgence ou au cours d'opérations spéciales d'importance considérable, elles peuvent souvent être remplacées par des prescriptions de limites spécialement développées ou par des niveaux spécifiés de dose requis pour la mise en œuvre et le déroulement d'une action.» (Art. 125)

«Le système de protection radiologique recommandé par la Commission en cas d'intervention est basé sur les principes généraux suivants:

a) L'intervention projetée doit apporter plus de bien que de mal, c'est à dire que la réduction des doses doit être suffisante pour justifier le mal et les coûts, coûts sociaux inclus, de l'intervention.

b) La forme, l'étendue et la durée de l'intervention doivent être optimisées afin que le bénéfice net de la réduction des doses, c'est à dire le bénéfice de la réduction des doses moins les coûts de l'intervention, doit être aussi grand qu'il est raisonnablement possible de le réaliser.

Les limites de dose ne s'appliquent pas dans le cas d'une intervention.» (Art. 113)

«Le coût d'une intervention ne se réduit pas au seul coût monétaire. Certaines actions de protection ou en vue de remédier à la situation peuvent impliquer des risques non radiologiques ou des impacts sociaux sérieux. Par exemple l'évacuation des gens pendant de courtes périodes n'est pas très coûteuse mais cela peut causer la séparation temporaire des membres d'une famille et une anxiété considérable peut en résulter. Une évacuation prolongée et un relogement permanent sont coûteux et ont parfois été hautement traumatisants.» (Art. 213)

«Il s'ensuit des paragraphes précédents qu'il n'est pas possible de définir des niveaux quantitatifs d'intervention pour des applications rigides en toutes circonstances.» (Art. 214)

Ainsi les contre-mesures en cas d'accident doivent tenir compte de critères qui sont bien loin de la protection de la santé des individus. Les critères socio-économiques deviennent prépondérants. La CIPR amorce l'idée d'une protection de la santé mentale: évacuer des gens risque de les traumatiser et il serait peut-être plus tranquillisant de les laisser sur des territoires contaminés, d'autant plus que ces traumatismes psychologiques pourraient conduire dans certains cas à des troubles sociaux particulièrement embarrassants.

Le détriment dû au rayonnement (décès par cancers etc.) est généralement traité d'une façon comptable. Dans la publication 40 de 1984 on peut voir (Art. 40) des diagrammes sur lesquels les experts ajoutent le coût des contre-mesures et le détriment. L'école primaire nous a appris qu'on n'a le droit d'ajouter que des éléments de même nature. Malheureusement on ne trouve aucune indication sur le coût d'un décès par cancer radioinduit ou d'un enfant gravement retardé mentalement.

ANNEXE 7
La CIPR et le prix de la vie

Le concept d'optimisation pour fixer les niveaux d'irradiation «acceptable», que ce soit en situation normale de fonctionnement ou en «situation non maîtrisable», implique que toutes les composantes de cette optimisation soient évaluées avec la même unité. On ne voit pas d'autre solution pour atteindre ce résultat que d'utiliser le coût monétaire, l'argent.

L'évaluation du coût que l'exploitant nucléaire devra payer pour réaliser un niveau de protection donné ne pose pas de problème. Par contre le coût des détriments dus aux irra-

diations implique de franchir quelques barrières morales.

La CIPR a donc été amenée à fixer un coût monétaire à l'homme-sievert. La Commission ne peut pas évaluer le prix de certains détriments tels que les retards mentaux graves chez les descendants ou le fardeau génétique qui affectera l'ensemble des générations à venir. Elle s'est donc bornée au prix de la vie ou de la mort d'un individu irradié.

En 1984 la CIPR préconisait de tenir compte des coûts économiques et sociaux pour optimiser les contre-mesures. Mais ce n'est qu'après Tchernobyl que les précisions sont apportées par la publication en 1993 du rapport CIPR 63 relatif aux «principes d'intervention pour la protection du public en cas d'urgence radiologique» (Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency)[1].

La CIPR ne peut pas exclure de son analyse certains aspects non quantifiables qui interviennent dans la prise de décision d'une contre-mesure: «Des facteurs politiques et plus largement des facteurs sociaux feront nécessairement partie des décisions à prendre à la suite d'une urgence radiologique» (CIPR 63, Art. 31). Parmi ces facteurs socio-politiques la crainte de troubles sociaux, de «turbulences sociales» comme on le dit pudiquement n'est jamais mentionnée. Pourtant, après Tchernobyl, les protestations et les manifestations de rue qui ont eu lieu en Biélorussie et en Ukraine, embarrassant l'autoritaire pouvoir central soviétique, n'ont certainement pas échappé à la vigilance des experts de la CIPR. Il paraît évident que la visibilité d'effets sanitaires à court terme (morbidité, cancers de la thyroïde etc.) pourrait déclencher ces turbulences qui seraient bien plus inquiétantes que les effets biologiques à long terme certainement bien plus graves mais détectables uniquement après des décennies d'études statistiques parfaitement maîtrisables et dont les conclusions ne pourront être tirées que lorsque tous les individus à qui on aura fait courir des risques seront morts[2].

Les gestionnaires politiques et les exploitants nucléaires consacrent des sommes importantes à des études sociologiques, psychologiques qui complètent les campagnes publicitaires. Comment s'y prendre pour faire accepter aux individus n'importe quel niveau de risque ? Il faut croire que ces dépenses sont jugées utiles.

Le prix de l'homme-sievert varie avec le niveau de développement du pays. Ainsi pour la CIPR l'homme-sievert vaut $ 100 000 pour un individu d'un pays développé riche alors que pour un individu d'un pays sous-développé la vie vaut 33 fois moins cher. La CIPR n'indique pas s'il faut tenir compte pour un pays donné de l'état social des individus: un pauvre d'un pays riche coûte-t-il aussi cher qu'un riche de ce pays et un riche d'un pays pauvre vaut-il autant qu'un riche d'un pays riche ?

Comme application pratique la Commission «optimise» les critères d'évacuation en cas d'accident (voir tableau ci-dessous).

La CIPR dans cette publication 63 définit les niveaux d'intervention. Pour chaque type de contre-mesure elle fixe une limite pour la dose

Type de pays	Coût d'une évacuation en $ par homme-mois c	Coût en $ de l'homme-sievert a	débit de dose «optimisé» acceptable (mSv/mois) c/a
Pays développé riche	500	100 000	5
Pays développé	200	20 000	10
Pays en voie de développement	40	3000	15

c: coût d'une évacuation avec relogement («réimplantation»).
a: coût de l'homme-sievert
c/a: débit de dose «optimisé» acceptable

évitée justifiant toujours une contre-mesure. En somme une limite à ne pas dépasser. Puis elle fixe une limite dix fois plus petite en dessous de laquelle la contre-mesure n'est jamais justifiée. Entre les deux limites on doit ou l'on ne doit pas intervenir, il faut «optimiser».

Bien évidemment les décideurs ne retiendront que cette limite obligatoire supérieure.

Ces niveaux d'intervention recommandés sont résumés dans le tableau qui suit:

Type d'intervention	Doses évitées justifiant presque toujours l'intervention (mSv)
Confinement	50
Administration d'iode stable	500 (dose à la thyroïde)
Evacuation (moins d'une semaine):	
• dose corps entier	500
• dose à la peau	5000 (5 Sv)
Evacuation et relogement «Réimplantation»	1000 (1 Sv =100 rem)

Il est apparent que le souci essentiel des experts de la Commission est d'éviter des effets déterministes graves qui pourraient apparaître pour des équivalents de dose effective de 1 Sv (100 rem) ou une dose à la peau de 5 Sv (500 rem). Ces effets apparaîtraient à court terme et seraient particulièrement traumatisants pour la population qui pourrait devenir «turbulente». Le maintien de l'ordre est officiellement reconnu dans les plans d'intervention comme la nécessité première dans la gestion des accidents graves.

NOTES

1. Annals of the ICRP, ICRP Publication 63, *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency* (Adopté par la Commission en novembre 1992), Pergamon Press, 1993.
2. Roger BELBÉOCH, «Le risque nucleaire et la sante. La mort statistique», *Pratiques ou les Cahiers de la médecine utopique,* avril 1980.

ANNEXE 8
Les limites d'intervention pour la contamination de la nourriture en cas d'accident nucléaire

La publication CIPR 63[1] définit les limites de contamination de la nourriture pour une intervention toujours justifiée:

10 000 Bq/kg pour les émetteurs ß/γ
100 Bq/kg pour les émetteurs α

Des contaminations inférieures au 1/10e de ces limites ne justifieraient pas d'intervention sur la nourriture.

Il est intéressant de comparer ces limites à celles décidées par le Conseil des Communautés Européennes à la suite de Tchernobyl (tableau ci-dessous) et aux Limites alimentaires à respecter pour les accidents à venir: Règlement Euratom n° 2218/89 (18 juillet 1989) «modifiant le règlement (Euratom) n° 3954/87 fixant les niveaux maximaux admissibles pour les denrées alimentaires et

Dates	Produits laitiers (Bq/kg)	Fruits et légumes (Bq/kg)
6 mai 1986*	500	350
16 mai 1986	250	175
26 mai 1986	125	90
30 mai 1986** (pour Cs137 et Cs 134)	370	600

* Recommandation de la Commission du 6 mai 1986, «adressée aux Etats membres concernant la coordination des mesures nationales suite aux retombées radioactives provenant d'Union Soviétique».

** Règlement (CEE) n° 1707/86 du Conseil du 30 mai 1986 «relatif aux conditions d'importation de produits agricoles originaires des pays tiers à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl».

Contaminants	Aliments pour nourrissons	Produits laitiers	Autres	Eau
Isotopes de strontium, notamment 90	75	125	750	125
Isotopes d'iode, notamment 131	150	500	2000	500
Isotopes de plutonium et d'éléments transplutoniens à émission alpha, notamment Pu 239 et Am 241	1	20	80	20
Tout autre nucléide à période supérieure à 10 jours, Cs 134, 137	400	1000	1250	1000

les aliments pour bétail après un accident nucléaire ou tout autre situation radiologique d'urgence» (tableau ci-dessus).

On voit que ces limites sont bien en dessous des limites d'intervention toujours justifiées de la récente publication 63 de la CIPR. La plupart entrent dans la zone des interventions toujours non justifiées au sens de la CIPR.

La CIPR, ne faisant aucune différence dans ces recommandations entre les nourrissons et les adultes, admet pour les nourrissons des contaminations par le plutonium 100 fois plus élevées que celles recommandées par la CEE en 1989.

La CEE mettra-t-elle sa réglementation à jour pour s'aligner sur la CIPR?

NOTE

1. Annals of the ICRP, ICRP Publication 63, *Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency,* (Adopté par la Commission en novembre 1992). Pergamon Press, 1993.

ANNEXE 9
Quelques textes pour mieux connaître certains experts français de la CIPR

Jean-Claude Nénot: Adjoint au chef de service de la Protection Sanitaire (Commissariat à l'Energie Atomique), membre de la CIPR

Jacques Lafuma: chef du précédent, membre de la CIPR

Ces deux membres du CEA et de la CIPR cosignent un article dans la *Revue Générale Nucléaire,* n°3, mai-juin 1976 où l'on trouve:

«Si l'on était capable d'analyser les mécanismes en jeu et de donner, pour chaque individu, la valeur des différents temps de latence génétiques, on pourrait établir, par individu, un profil de risque et *sélectionner* les travailleurs soumis au risque carcinogène. Les implications sont suffisamment importantes pour que les expérimentations des prochaines années en cancérogénèse radioactive soient consacrées à l'étude de ces mécanismes.»

Avoir des individus insensibles au rayonnement et pouvoir les cloner, on imagine l'intérêt pour l'industrie nucléaire. Un effondrement de l'homme-sievert.

Ces deux «chercheurs» en radioprotection étaient sous la direction du Dr Jammet qui fut pendant plus de 30 ans membre de la CIPR. Mais il n'a pas pu dépasser le niveau de la vice-présidence. C'est donc lui qui orientait les recherches des deux collaborateurs mentionnés plus haut. Il est souvent intervenu dans les sphères du pouvoir pour signaler que les effets biologiques du rayonnement étaient un handicap inadmissible et qui pénalise cette bonne énergie. On doit donc le considérer comme l'initiateur des motivations de ses subordonnés les docteurs Nénot et Lafuma pour résoudre les problèmes de la radioprotection en sélectionnant des individus particulièrement résistants aux rayonnements comme les scorpions dont ils admiraient les défenses antiradiatives.

Le Pr Tubiana, éminence grise de la radioprotection en France, membre actif de l'Académie des Sciences, a été coopté à la CIPR de 1959 à 1962.

En 1958, juste avant sa nomination à la CIPR il fait partie d'un groupe d'experts de l'Organisation Mondiale de la Santé (quand on est éminent on se trouve un peu partout) qui publie un rapport sur les «Questions de santé mentale que pose l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques». Voici quelques extraits significatifs des préoccupations de ces experts de l'OMS: «Il peut même être dangereux de diffuser des faits tenus pour certains.» (page 42) Cela pourrait amplifier des «rumeurs». Mais si ces rumeurs concernent des «faits tenus pour certains» sont-ce encore de simples rumeurs?

Les handicaps psychologiques de l'industrie nucléaire peuvent être supprimés: «C'est seulement avec l'être humain au stade de l'enfance et en employant des méthodes d'éducation très différentes de celles qui caractérisent la plupart des civilisations, qu'on pourra obtenir une modification à l'échelle de tout un peuple.» (page 44) Monsieur Tubiana et ses collègues de l'OMS avaient-ils en tête l'exemple des jeunesses hitlériennes? On peut se le demander en lisant le compte-rendu du Colloque sur les implications psychosociologiques du développement de l'industrie nucléaire tenu à Paris du 13 au 15 janvier 1977. Dans son allocution, en conclusion du colloque, le Pr Tubiana met en avant «la nécessité pour les scientifiques de reconsidérer la façon dont est faite l'information. Il faut que nous cessions de voir celle-ci à travers un schéma simpliste et rationaliste mais l'acceptions telle qu'elle est.» Il avait précisé un peu avant qu'«il faudrait que jamais un scientifique ne favorise cette confusion entre l'exposé des faits et un jugement de valeur». En somme pour ce «scientifique» les jugements de valeur peuvent être prédominants par rapport aux faits. Sa stratégie est simple: «il faut que nous recherchions l'efficacité dans l'information du public au lieu de nous contenter d'une information éthérée et parfaitement satisfaisante mais inintelligible et inefficace». Et pour lui sa référence d'efficacité est clairement exprimée: «l'efficacité de M. Goebbels était redoutable». En somme, pour lui, la ligne de conduite est claire: secret, censure, mensonge, trucage et on comprend bien sa fascination pour l'efficacité nazie. C'est ce personnage passablement sulfureux qui fait la loi à l'Académie des Sciences, qui a participé aux travaux de la CIPR, qui a apporté sa contribution au Comité médical d'EDF (fonction rémunérée) qui a représenté la France au Conseil de Direction du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) à Lyon et qui participe certainement à bien d'autres comités d'experts.

On s'étonne qu'avec un tel personnage sélectionné à la CIPR pour ses compétences, on ne trouve pas de recommandations de la Commission pour rendre «acceptables» les risques psychologiques de l'industrie nucléaire.

Le Pr Pellerin qui a eu en charge la radioprotection en France depuis 1963 et a fait partie de la CIPR de 1973 à 1992, se réfère au rapport de l'OMS précédemment cité dans un article des Annales des Mines de janvier 1994: «Ce rapport appelait l'attention sur certains aspects du développement de l'énergie nucléaire et notamment sur l'opportunité

- de ne pas développer de façon excessive les mesures de sécurité dans les installations nucléaires afin qu'elles ne provoquent pas une anxiété injustifiée,
- de convaincre les autorités qu'il n'entre pas dans le rôle des savants de prononcer des jugements de caractère psychologique ou moral sur des problèmes scientifiques.»

C'est un véritable appel aux autorités de l'Etat à museler les scientifiques pour qu'ils ne participent pas aux débats sur les problèmes sociaux posés par le développement scientifique et industriel. Il aurait pu donner en référence le pouvoir soviétique qui a su contraindre les scientifiques au silence.

ANNEXE 10
De l'admissibilité biologique à l'acceptabilité financière

La CIPR a toujours recommandé ses limites de dose de rayonnement en se fondant sur des principes justificatifs.

A l'origine, le seul détriment radiologique reconnu consistait en des effets, comme les radiodermites, que plus tard on a appelé effets déterministes et qui apparaissent assez vite après l'irradiation. Une multiplication de ces effets chez les utilisateurs aurait rapidement condamné l'industrie du rayonnement et il fallait les éviter. La limite de dose recommandée par la CIPR était donc une limite de débit de dose admissible, ce terme devant être interprété comme biologiquement admissible. Tout débit de dose inférieur à cette limite était considéré comme totalement, biologiquement admissible.

Au fil des ans des phénomènes biologiques à plus long terme durent être pris en compte par la CIPR. L'admissibilité biologique se transforma progressivement en une admissibilité sociale mais la signification réelle de ce concept ne fut pas précisée et la notion d'admissibilité est restée floue dans les publications de la CIPR.

En 1965 le niveau acceptable apparaît pour la première fois dans la publication 9, mais seulement dans l'introduction, sans explication de ce nouveau concept. La suite de la publication reprend l'ancienne notion d'admissibilité mais il devient clair que l'admissibilité du risque est désormais de nature fondamentalement sociale et non plus uniquement biologique.

Ce n'est qu'en 1977 (CIPR 26) que la notion d'acceptabilité du risque du rayonnement est définie «rationnellement». L'acceptabilité sociale des risques de l'industrie nucléaire doit être définie de telle façon que cela n'exige pas l'intervention des personnes qui devront subir ces risques. Une définition «scientifique» du risque acceptable permettait de préserver la démocratie sans que les citoyens concernés aient à donner leur avis. Cette définition rationnelle du risque acceptable était lourde de conséquences car elle faisait référence à ce que les gens du commun acceptent sans problème (dans leur vie professionnelle ou leur vie quotidienne). Si ces risques de référence venaient à diminuer (par exemple par amélioration des conditions de travail) ou bien si le facteur de risque du rayonnement venait à augmenter, alors, automatiquement les limites de dose acceptables devaient être diminuées.

C'est ce qui est arrivé assez rapidement après 1977. En 1990 la CIPR abandonne alors toute justification rationnelle de l'acceptabilité du risque du rayonnement. Elle va même jusqu'à déclarer qu'il n'est pas possible de fonder rationnellement les limites de dose sur la seule base de concepts scientifiques (biologiques). Les critères socio-économiques doivent être prépondérants pour juger de l'équilibre entre les risques et les bénéfices, mais aucun critère précis n'est avancé pour encadrer ces préoccupations financières.

L'histoire du passage de l'admissibilité biologique à l'acceptabilité sociale, puis à l'acceptabilité socio-économique pour aboutir finalement à l'acceptabilité financière, résume assez bien l'évolution de la CIPR.

ANNEXE 11
Pourquoi la CIPR ?

L'existence de cette Commission d'experts internationaux est assez étrange. Elle a manifestement eu, pour motivation première, la protection de l'industrie du rayonnement puis du nucléaire pour en permettre le développement. La fixation de limites de dose pour les travailleurs et la population aurait pu se faire sans le luxe de textes justificatifs que peu de gens lisent. Les Etats, quand ils suivent les recommandations de la CIPR pour établir leur réglementation administrative, ne retiennent que quelques valeurs numériques et éva-

cuent les boniments. Quant aux experts de la CIPR, avant de publier leurs recommandations ils prennent l'avis de leurs collègues appartenant à des comités d'experts des Etats (experts de la CIPR et experts des Etats sont d'ailleurs, pour la plupart, souvent les mêmes).

En somme, la CIPR pouvait se concevoir comme un relais justificateur entre les experts délégués par les Etats et les Etats eux-mêmes, et elle n'aurait eu alors qu'un rôle subjectif, idéologique. Mais pour cela il aurait fallu que ses textes soient exploités par les médias chargés de la propagation de l'idéologie, ce qui n'a pas été le cas, les médias comme les Etats ignorent superbement les efforts littéraires de la CIPR. Quant aux promoteurs et aux gestionnaires de l'industrie nucléaire, eux non plus n'utilisent pas les textes de la CIPR pour justifier leurs décisions.

C'est peut-être parce que ces experts de la CIPR fonctionnent dans le vide, on dit maintenant le virtuel, qu'ils ressentent le besoin de tous ces textes de plus en plus longs, de moins en moins lus, pour justifier vis-à-vis d'eux-mêmes leur propre inutilité.

ANNEXE 12
Qui finance la CIPR ?

La CIPR est un organisme indépendant des Etats. Ses membres sont cooptés sur des critères de compétence médicale ou scientifique. Ils ne représentent donc pas les intérêts de leur pays.

Ces experts se réunissent souvent, ils viennent de très loin à ces réunions. Qui finance ces voyages, ces séjours pour les congrès ? Qui organise ces congrès, qui rédige les rapports, qui effectue les études nécessaires pour ces rapports ? (Si la CIPR est indépendante, ses rapports, ses études ne peuvent provenir d'organismes financés par les Etats).

Les cooptés qui tous ont un emploi ne peuvent faire ces études, paufiner ces rapports sans nuire à leur travail. Et les simulations mathématiques sur quels ordinateurs sont-elles faites ?

Le fonctionnement de la CIPR (voyages, permanents, publications, études etc.) doit coûter de l'argent. Et certainement pas des sommes ridiculement faibles. La question qui ne semble pas avoir été posée est: qui finance la CIPR? Et dans notre société nous savons que ceux qui financent ont le contrôle et le pouvoir.

Membres de la commission principale de la CIPR de 1993 à 1997

Présidence: Pr. R.H. Clarke, directeur du National Radiological Protection Board, (office national de radioprotection du Royaume-Uni).
C. B. Meinhold, National Council on Radiation Protection and Measurements, USA (un des responsables officiels de la radioprotection américaine).

D. Beninson (Argentine)
H. J. Dunster (Royaume-Uni)
I. A. Ilyn (Russie)
W. Jacobi (Allemagne)
H. P. Jammet (France) (responsable de haut niveau au Commissariat à l'énergie atomique)
A. Kaul (Allemagne)
D. Li (Chine)
H. Matsudaira (Japon)
F. Mettler (USA)