

# Le rôle du jugement dans le domaine de la protection radiologique

---

par Lauriston S. Taylor

## LES RAYONNEMENTS IONISANTS EN TANT QU'AGENT TOXIQUE

Il y a près de quatre-vingt-cinq ans que l'homme connaît les rayonnements ionisants, et quelques semaines seulement après cette découverte on savait déjà que si les personnes sont exposées à une quantité suffisante de rayonnement ionisant, elles peuvent subir des lésions manifestes et définissables. Ce qu'on ne sait pas, c'est s'il existe un seuil d'exposition au-dessous duquel l'homme ne subira pas de lésion et au-dessus duquel il en subira. Cette situation ne comporte rien d'exceptionnel, à une caractéristique près: à l'inverse de la plupart des autres agents pouvant être toxiques, les rayonnements ionisants (ci-après dénommé "les rayonnements") ont toujours fait partie de notre environnement naturel. Bien que l'on sache qu'ils font partie de l'environnement, on ne connaît pas de moyens qui permettraient d'éliminer complètement leur présence ou même de la modifier sensiblement ou de la contracarrer. L'homme a toujours vécu dans un environnement quelque peu hostile. Mais la grande différence entre l'homme et les autres représentants de la vie animale est que, dans la plupart des cas, l'homme a pu s'habituer aux risques qui l'entourent, les limiter, les modifier et parfois les éliminer.

Grosso modo, les rayonnements ne sont qu'un agent toxique ou polluant comme les autres. Si l'on considère leurs effets et la manière dont il est possible de les éviter ou de les limiter, les rayonnements ne diffèrent pas beaucoup de nombreux autres agents toxiques. Néanmoins, il faut remarquer que les mesures de protection contre les rayonnements en tant qu'agent toxique ont été beaucoup mieux comprises, et appliquées plus strictement, que les mesures qui visent les agents chimiques ou biologiques.

On fait valoir que les rayonnements ont un caractère insidieux en ce sens qu'ils ne peuvent être perçus par la vue, le goût, le toucher ou l'odorat. Toutefois, il en va de même pour de nombreux autres agents toxiques dont nous devons nous accommoder. Les rayonnements peuvent être cancérogènes, et avoir des effets génétiques dangereux; de longues périodes de latence peuvent s'écouler entre l'exposition et ses effets. Ceci n'a rien d'exceptionnel; de nombreux produits chimiques et de nombreux facteurs environnementaux agissent de même.

D'autre part, à la différence de nombreuses substances toxiques également dangereuses, les rayonnements peuvent être facilement mesurés et maintenus sous contrôle à des niveaux des milliers de fois inférieurs à ceux qui ont jamais été démontrés comme nuisibles.

---

M. Taylor est ancien Président du National Council on Radiation Protection and Measurements des Etats-Unis.

Il serait faux de croire que ceci réduit le risque potentiel associé à l'emploi des rayonnements ou la nécessité de se protéger contre eux; ce qu'il faut, c'est établir un équilibre raisonnable entre les risques dus aux rayonnements et les nombreux autres risques induits par des agents que nous acceptons comme indispensables à notre mode de vie. Mais ici nous nous trouvons en présence du véritable problème. Comment décider de ce qu'il faut entendre par équilibre raisonnable et qui prend ces décisions? Ces deux questions ne sont certainement pas pleinement résolues et on ne voit pas quand elles le seront à la satisfaction de tous.

## LES JUGEMENTS DE VALEUR EN MATIERE DE NORMES DE RADIOPROTECTION

Etant donné qu'il est impossible de fixer expérimentalement une limite supérieure d'exposition sûre à 100%, toute solution au problème de la radioprotection fait appel à un amalgame de science et de technologie d'une part, et à des *jugements de valeur* moraux, sociaux, économiques et politiques de l'autre [1]. Ceci a été clairement reconnu dès le début des années 1920, lorsqu'on s'est efforcé pour la première fois de définir une dose de rayonnement dont les effets biologiques puissent être acceptables.

Pour éclairer le problème, il sera instructif de remonter à l'origine de nos normes de radioprotection et de voir alors comment les normes actuelles dérivent de ces définitions initiales, qui nous ramènent à plus de cinquante ans en arrière. Ce n'est qu'en 1949 que le premier texte définissant clairement l'exposition professionnelle admissible [2]\* a été établi par le National Committee on Radiation Protection\*\* et adopté un an plus tard avec quelques modifications rédactionnelles par la Commission internationale de protection radiologique [3]. La définition du NCRP était la suivante: "La dose admissible peut être définie comme la dose de rayonnement ionisant qui, en l'état actuel des connaissances, ne devrait causer aucune lésion corporelle appréciable chez une personne à aucun moment de sa vie. Au sens où elle est utilisée ici, l'expression "lésion corporelle appréciable" désigne toute lésion ou tout effet que l'individu moyen considérerait comme néfaste et/ou que les autorités compétentes considéreraient comme nuisible à la santé et au bien-être de l'individu." *Ce texte pose essentiellement un problème de jugement.* La question qui n'a pas encore reçu de réponse est de savoir comment définir ce qui doit être tenu pour admissible, acceptable ou appréciable.

## ORIGINE DES NORMES DE RADIOPROTECTION

Pendant de nombreuses années, jusqu'en 1930 environ, les doses cliniques de rayonnement ont été exprimées par référence à ce qui était considéré comme une unité biologique, appelée la "dose seuil de l'érythème" (DSE). D'après les données expérimentales et l'expérience clinique, c'était la dose unique de rayons X nécessaire pour provoquer un érythème (rougeur de la peau) et elle était définie par référence à certaines caractéristiques techniques de l'irradiation: dimension du champ de rayons X, courant, tension, distance entre la source et le malade, et moment de l'apparition de la rougeur. On pouvait ensuite définir les doses correspondant à des fractions ou à des multiples de cette unité. Toutefois, étant donné les nombreux facteurs biologiques qui interviennent dans une réaction de la peau, cette évaluation de la dose de rayons X présentait des écarts de l'ordre de 200 ou 300% d'un observateur à l'autre. Le même observateur pouvait souvent reproduire ses résultats avec des écarts de 50% ou même 25%.

---

\* Voir [2] préface, page v et [13] page iii.

\*\* Maintenant National Council on Radiation Protection and Measurements.

En 1925, aux Etats-Unis, en utilisant des données améliorées sur l'absorption des rayons X par les parois et barrières, Mutscheller [4] calcula les fractions de DSE reçues par des opérateurs selon leur emplacement, et ce pour diverses installations de traitement et de diagnostic qui étaient alors considérées comme bien conçues et correctement protégées. En même temps, il observa que les personnes travaillant dans ces locaux ne présentaient pas d'effets fâcheux lorsqu'elles étaient exposées à une dose de rayonnement qui, d'après les calculs, était de l'ordre d'une DSE répartie sur une année. Sur cette base, il recommanda d'admettre une "dose de tolérance" de 1/100 de DSE par mois (environ 1/10 DSE/an) comme étant sans danger pour les travailleurs sous rayonnement. Ce qu'il importe de noter ici, c'est qu'il fondait sa recommandation sur l'absence d'effet observé; selon *son jugement*, si 1 DSE/an avait un effet zéro, 1/10 DSE/an serait certainement tolérable. C'est le premier de nombreux exemples de jugements portés en l'absence de données certaines, conformément au principe général admis en toxicologie.

Tout à fait indépendamment, Sievert en Suède procédait à une étude analogue en comparant l'exposition dans un certain nombre d'installations de radiologie bien protégées avec l'exposition due au rayonnement naturel [5]. Il estima que sans tenir compte de la restauration des tissus, il faudrait de 1000 à 10 000 années d'exposition pour recevoir une dose provoquant un érythème du fait du rayonnement naturel. Se fondant sur le chiffre inférieur, il *jugea d'un point de vue technique* qu'une valeur annuelle de 1/10 de la dose provoquant un érythème serait acceptable pour les travailleurs sous rayonnement.

Au Royaume-Uni, Barclay et Cox procédèrent de leur côté, un ou deux ans plus tard [6], à des estimations de doses correspondant également à des conditions d'irradiation caractéristiques. Ils étudièrent deux personnes dont ils pouvaient à leur avis évaluer l'exposition pendant une période de six ans dans les limites de l'incertitude de toutes les autres mesures. Tout en étant exprimés autrement que chez les deux chercheurs précédents, les résultats pouvaient faire l'objet d'une conversion et, ce qui est assez intéressant, ont été *jugés* être de l'ordre de 1/10 de dose provoquant un érythème, en valeur annuelle [19].

Au vu de ces trois expériences effectuées indépendamment dans trois pays différents et donnant toutes des réponses apparemment identiques, on serait très tenté de croire à la signification absolue du résultat final. Néanmoins, l'exercice d'un pur et simple *jugement* est le seul facteur commun aux trois études qui explique qu'elles soient parvenues au même résultat.

## NORMES NUMERIQUES DE RADIOPROTECTION

L'absence de tout système convenu de quantités et unités pour la mesure du rayonnement ionisant a compliqué encore davantage durant cette période la tâche de ceux qui cherchaient une valeur mesurable pour définir la dose de tolérance. Peu de temps auparavant, plusieurs chercheurs s'étaient efforcés d'évaluer la dose provoquant un érythème en "roentgens" (terme qui avait des significations différentes suivant les uns et les autres). En 1925, aux Etats-Unis, Meyer et Glasser évaluèrent à environ 1300 roentgens (avec rétrodiffusion) la quantité de rayonnement à partir de laquelle apparaît un érythème [7]. En 1927, Kustner en Allemagne, après avoir adressé un questionnaire détaillé à une douzaine de très bons instituts de radiologie, arriva à une valeur de 550 roentgens pour la dose provoquant un érythème, les mesures étant faites à l'air libre (sans rétrodiffusion) [8]. Ces deux chercheurs signalaient que leurs calculs comportaient de nombreuses variables.

Les valeurs signalées à Kustner allaient de 400 à 650 roentgens, et l'un des radiologues déclarait avoir observé des doses se situant entre 450 et 625 roentgens. Il est évident que le résultat général de ces mesures était loin d'être précis mais, à titre de *jugement*, la valeur de 550 roentgens dans l'air proposée par Kustner fut généralement acceptée.

La première dose de tolérance journalière, exprimée en roentgens, a été présentée par le NCRP au début de 1934. Elle était fondée sur le chiffre de Mutscheller soit, par an, 1/10ème de la dose provoquant un érythème [9]. La valeur de 550 roentgens (à l'air libre) établie par Kustner était arrondie à 600 roentgens, le nombre annuel de jours ouvrables était estimé à 250 et le calcul aboutissait à une valeur de 0,24 roentgens/jour. Etant donné qu'on serait tenté d'accorder à un tel chiffre une valeur que les données de base, qui comportent d'importantes erreurs, ne justifient pas, ce chiffre a été arrondi à 0,1 roentgen/jour (à l'air libre).

Environ six mois plus tard la CIPR procédait à un exercice analogue; elle arrivait à une valeur de 0,25 roentgen/jour. Ce chiffre a été arrondi à 0,2 roentgen/jour [10].

Il est à noter qu'on était alors parvenu pour la première fois à fixer, semble-t-il, une valeur quantitative de la dose de rayonnement admissible pour les travailleurs sous rayonnements. Mais on notera aussi que toutes les valeurs de dose admissible pour les travailleurs sous rayonnements, jusqu'à aujourd'hui, ont été établies d'une façon ou d'une autre à partir des propositions de 1934.

En réalité, la situation n'est pas aussi mauvaise qu'elle le semble car depuis que les premières normes numériques ont été présentées en 1934, aucune lésion ou aucun effet spécifique n'a été observé parmi le grand nombre d'individus qui auraient pu être exposés à de tels niveaux de rayonnements\*. Pour autant que nous le sachions, il est possible que nous nous surprotégions énormément, à grand prix ou en sacrifiant d'importants avantages pour l'homme. Il n'est pas probable que nous nous sous-protégions sérieusement. Il faut donc bien voir que le passage de ces données anciennes à notre système actuel de normes numériques s'est toujours fait sur la base de l'exercice d'un *jugement* — probablement d'un jugement aussi scrupuleux qu'il était possible.

La première norme de protection pour les émetteurs internes (radium) a été proposée en 1941. Sur la base d'une expérience alors très limitée, le NCRP a recommandé que les travailleurs manipulant du radium ne puissent accumuler une charge corporelle supérieure à 1/10 microgramme de radium [11]. Ce n'est que plusieurs années plus tard que la validité de cette recommandation a été confirmée de manière convaincante par les travaux d'Evans [12] et d'autres chercheurs qui, en fait, n'ont pas relevé de radiolésions identifiables chez des individus qui avaient des charges corporelles inférieures à 1/10 microgramme de radium. Il se trouve qu'une charge corporelle de 1/10 microgramme de radium infligerait une dose à l'os de l'ordre 25 rem/an.

L'étape importante suivante a été franchie en 1949 lorsque le NCRP a étudié le problème de la radioexposition dans son ensemble en raison des modifications énormes que le développement de l'énergie atomique laissait présager. On s'attendait principalement à ce qu'un nombre de personnes beaucoup plus élevé soient exposées de diverses manières à de nombreuses sortes de rayonnements, aussi le NCRP a-t-il recommandé d'abaisser la dose admissible pour les travailleurs sous rayonnements de 0,1 roentgen/jour à 0,3 rem/semaine, ce qui représentait une diminution d'un facteur de 2 approximativement [9], [13].

On notera ici que cette modification de la dose admissible a été adoptée sans qu'on ait observé une seule lésion chez une personne exposée aux doses précédemment admises, qui ont pu être de l'ordre de 0,1 ou 0,2 roentgen/jour. La définition de base du NCRP pour la dose admissible était celle mentionnée plus haut [2].

---

\* On sait que les conclusions de l'ensemble de rapports Mancuso-Stewart ont été généralement rejetées.

A mesure que le temps passait, on a encore abaissé le niveau de la dose admissible pour les travailleurs sous rayonnements au point que même dans les cas où l'industrie aurait enfreint légèrement les limitations de l'exposition, il a été estimé que les effets possibles ne seraient pas importants. Ici encore, c'était une affaire de *jugement*, en l'absence de toute preuve scientifique ou médicale précise.

Ceci soulève une autre question que le public et les techniciens comprennent mal. Quels que soient les niveaux d'exposition fixés par les organismes réglementaires, l'industrie fixe, en pratique, les niveaux admissibles sensiblement plus bas de manière à ne courir aucun risque de dépasser le "niveau officiel". En conséquence, chaque fois que pour une raison quelconque une pression s'exerce pour abaisser les niveaux d'exposition, on peut généralement dire que "ceci ne créera aucune difficulté à l'industrie car celle-ci observe déjà des niveaux d'exposition plus bas".

Une autre étape importante a été franchie en 1956, lorsque devant les inquiétudes soulevées par les effets possibles de retombées dues aux essais d'armes nucléaires, le British Medical Research Council en premier lieu [14], puis la US National Academy of Sciences [15] ont appelé à nouveau l'attention sur les effets génétiques possibles des rayonnements. A leur suite, la Commission internationale de protection radiologique [16] et le National Committee on Radiation Protection [17], [18] ont recommandé d'abaisser la dose admissible aux gonades pour les travailleurs sous rayonnement à une valeur de 5 rem/an. Cette fois encore, il n'y a pas eu d'observation directe de dommages génétiques ou somatiques provenant de faibles doses d'exposition, que ce soit chez des mammifères de laboratoire ou chez l'homme.

La recommandation faite par l'Académie nationale des sciences en 1956 était essentiellement fondée sur les premières expériences relatives à la mouche des fruits, qui faisaient apparaître certaines modifications génétiques après exposition à de fortes doses de rayonnement [15]. En partie, la recommandation s'expliquait aussi probablement par une réaction excessive à la protestation du public contre les retombées. Moins de cinq ans après, de meilleures expériences faites sur des animaux détruisaient les arguments qui étaient à la base des recommandations de l'Académie. Mais à ce moment, il était trop tard pour envisager seulement de revenir aux normes en vigueur avant 1956 et les recommandations sont encore appliquées aujourd'hui. Toute considération technique mise à part, il est très difficile, politiquement, de réviser en baisse une norme de protection déjà établie.

Il faut souligner à nouveau que le danger contre lequel ces précautions compliquées doivent nous protéger est purement hypothétique, aux faibles niveaux actuels de radioexposition. En outre, il ne faut pas oublier que les chiffres utilisés jusqu'ici dérivent directement de la valeur admise pour la dose provoquant un érythème, avec toutes ses incertitudes, et des techniques de mesure contradictoires des années 1920.

## EXPOSITION DES POPULATIONS

La mise au point de normes de radioprotection a encore franchi une nouvelle étape quand à la fin des années 1950, le public s'est de plus en plus inquiété des risques causés par les rayonnements et a beaucoup insisté pour qu'on réduise la radioexposition, notamment celle de la population dans son ensemble. On notera que si l'exposition tolérée pour chaque travailleur sous rayonnements était de 5 rem/an pour des raisons d'ordre génétique essentiellement, la limite de dose correspondante pour l'individu était de 1/10 de celle-ci, soit 0,5 rem/an [16], [17], [18].

A la fin des années 1950, on avait rassemblé une somme appréciable de données biomédicales sur les effets de fortes expositions aux rayonnements. Ces données provenaient en grande partie de l'analyse du cas de survivants japonais et des effets retardés de la radio-

thérapie. Il s'agissait de renseignements valables pour les fortes doses et les débits de doses élevés, pour lesquels on a constaté qu'il semblait y avoir une relation proportionnelle entre l'importance de l'exposition et ses effets.

La situation est très différente en ce qui concerne les effets des doses ne dépassant pas la valeur, disons de 5 rad. Il est extrêmement facile de résumer l'état de nos connaissances: malgré les nombreux millions de dollars consacrés à des études expérimentales dans le monde entier, et malgré de nombreuses tentatives au niveau clinique, personne n'a encore pu établir de relation dose-effet pour l'homme dans cette gamme des faibles doses. Au contraire, on dispose de renseignements très abondants, sous forme de résultats négatifs, en ce qui concerne notamment les travailleurs sous rayonnements soumis à des doses de 1 ou 2 rad par an et, moins fréquemment, d'autres catégories de personnes exposées à des irradiations atteignant jusqu'à 5, 10, ou même 15 rad par an. Le volume des renseignements ainsi obtenus sur un grand nombre de personnes est énorme et il convient de leur accorder une importance considérable, même si les résultats sont négatifs. En même temps, nous devons répondre à l'argument suivant lequel, s'il nous est impossible de déceler des effets directs ou indirects, c'est parce que ceux-ci sont trop faibles ou se produisent trop rarement. C'est-à-dire que les effets sont couverts par le "bruit" des faits naturels.

C'est peut-être le cas mais justement, si les effets ne peuvent être décelés par aucune des méthodes très perfectionnées dont nous disposons aujourd'hui, cela signifie automatiquement que le risque — s'il existe — est extrêmement faible. Nous disposons donc de beaucoup de temps pour étudier et analyser le problème sans pour autant mettre gravement en danger un nombre important de personnes.

C'est néanmoins cette incapacité même à déceler tout effet dommageable chez l'homme, accompagnée d'une certaine hésitation à dire qu'il n'y a aucun effet, qui constitue notre dilemme. Comment peut-on jamais prouver empiriquement l'absence d'effets? C'est cette question qui est mal comprise non seulement par le grand public, mais par beaucoup d'autres personnes qui peuvent avoir pour mission de protéger notre santé et notre sécurité. Pour le moment, la seule manière de traiter la question est de faire très largement appel au *jugement*.

## PROPORTIONNALITE DE LA RELATION DOSE-EFFET

La CIPR et le NCRP étudient depuis longtemps la possibilité qu'apparaissent dans la population des effets somatiques de faibles doses de rayonnement émises à un faible débit de dose. Naturellement, ces organismes ne disposent pas de données d'expérience sur l'homme ou sur l'animal directement utilisables car il n'en existe pas [19]. En conséquence, se situant sur un plan *théorique*, ils supposent que si l'effet de fortes doses et de débits de dose élevés semble proportionnel à la dose, la même relation doit se vérifier jusqu'à la dose zéro. Si une telle relation était applicable par extrapolation aux effets de faibles doses, il nous faudrait admettre que toute dose si faible soit-elle peut entraîner un effet, si réduit soit-il lui aussi. En outre, ce serait alors pure *question de jugement* que de savoir où fixer des normes de dose admissible. Telle est précisément la situation dans laquelle nous nous sommes progressivement enfermés au cours des trois dernières décennies.

L'idée d'une relation linéaire entre la dose et l'effet, excluant l'existence d'un seuil, a suscité de nombreuses réserves et de nombreux commentaires. Mais si l'on accepte cette relation comme un fait et non comme une hypothèse ou un modèle, on doit pouvoir calculer le nombre de personnes qui seraient tuées par tout niveau donné de radio-exposition choisi. Bien qu'il ne suffise pas d'accepter certaines hypothèses pour établir la réalité de tels calculs, certaines personnes continuent à le faire et contribuent de ce fait à abuser le public — et probablement elles-mêmes. Ceci impose à quelques groupes ou

spécialistes avertis la lourde tâche de définir une sorte de frontière, si vague soit-elle, entre ce qui a un sens et ce qui n'en a pas dans la mise en pratique des théories sur la protection. *Affaire de jugement.*

## HYPOTHESE QU'ENTRAINE L'IDEE D'UNE RELATION PROPORTIONNELLE ENTRE LA DOSE ET L'EFFET

Telle est la situation qui a mené nos divers organismes responsables en matière de protection à retenir – **comme base de discussion et pour indiquer un sens de proportions** – les hypothèses extrêmement prudentes énoncées ci-après:

- 1) On suppose qu'il existe une relation linéaire dose-effet pour toute la gamme des doses de rayonnement allant de plusieurs centaines de rads jusqu'à la dose zéro.
- 2) On suppose qu'il n'y a pas de seuil au-dessus duquel se produirait un effet et au-dessous duquel il ne s'en produirait pas.
- 3) On suppose que les doses appliquées à un organe s'additionnent en totalité, indépendamment des débits de dose et des intervalles qui séparent les radioexpositions.
- 4) On suppose que les effets de faibles doses de rayonnement sont irréversibles.

On sait qu'aucune de ces hypothèses n'est strictement exacte. L'importance des écarts qui peuvent se produire dans certaines circonstances est connue pour quelques situations limitées. L'une des tâches les plus importantes qui s'imposeront à cet égard sera d'évaluer d'une manière ou d'une autre la nature et l'étendue des écarts par rapport à ces hypothèses. La question n'est pas de savoir s'il y a des écarts, mais quelle est leur importance.

Les difficultés inhérentes à cette question rendent peut-être le désaccord inévitable. Il est d'autant plus regrettable que les arguments récemment présentés aient créé, sans nécessité aucune, une certaine confusion. Certains de ces arguments ont été moins qu'utiles pour diverses raisons: ils attribuent à des hypothèses et à des modèles la valeur d'un fait, ce qui mène à des conclusions douteuses ou incorrectes; ils ignorent les données du problème; ils partent de prémisses ou de théories qu'il est impossible de vérifier et qui ne peuvent donc être ni prouvées ni infirmées. Cette situation ne facilite guère la tâche de ceux qui (*de toute façon*) doivent former des jugements, et peut créer un climat de cynisme et de méfiance.

## NECESSITE DES JUGEMENTS DE VALEUR, A L'AVENIR COMME DANS LE PASSE

Seuls quelques-uns des problèmes qui se posent à nous dans les applications médicales et industrielles des rayonnements ont été mentionnés. Leur nombre croîtra certainement et leur solutions seront en partie fondées sur les résultats techniques des recherches concernant l'effet sur l'homme des faibles doses et des faibles débits de dose de rayonnements. Mais, autant que nous puissions le prédire, ces solutions reposeront encore davantage sur le *jugement* et la sagesse des intéressés. Elles dépendront de positions morales faisant entrer en considération, d'une part les lésions que pourraient subir les travailleurs, d'autre part la sûreté démontrable et de meilleures conditions de vie pour d'autres catégories de personnes. Ces solutions impliqueront d'importantes décisions de nature économique, et très souvent d'importantes décisions d'ordre politique.

## Références

- [1] Taylor, L.S., The Philosophy Underlying Radiation Protection, Am. J. Roent. Ra. Ther. and Nuc. Med. 77, 914 (1957).
- [2] National Council on Radiation Protection and Measurements. Permissible Dose from External Source of Ionizing Radiation, NCRP Report No. 17, (NBS-HB-59), 1954.
- [3] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Version révisée — 1er décembre 1954), British J. Radiol. Supplement No. 6, British Institute of Radiology, Londres, 1955.
- [4] Mutscheller, A., Physical standards of protection against roentgen ray dangers, Amer. J. Roentgen., 13, 65, 1925.
- [5] Sievert, R., Einige Untersuchungen über Vorrichtungen zum Schutz gegen Roentgenstrahlen, Acta Radiol. 4, 61, 1925.
- [6] Barclay A. E. et Cox, S., Radiation Risks of the Roentgenologist. Amer. J. Roentgen., 19, 551, 1928.
- [7] Meyer, Wm. et Glasser, O., Erythema Doses in Absolute Units, Radiology, avril 1926.
- [8] Kustner, H., Wieviel R.-Einheiten entspricht die HED, Strahlenther. 26, 120, 1927.
- [9] National Council on Radiation Protection and Measurements. Radium Protection, NCRP Report No. 2 (NBS-HB-18) 1935.
- [10] International Recommendations for X-ray and Radium Protection (1934). Radiology 23, 682, 1934.
- [11] National Council on Radiation Protection and Measurements. Safe Handling of Radioactive Luminous Compounds, NCRP Report No. 5, (NBS-HB-27), 1941.
- [12] Evans, R.D., A.T. Keane et M.M. Shanahan. Radiogenic Effects in Man of Long-term Alpha-Irradiation, pp 431–468 dans **Radiobiology of Plutonium**. Ed. par Betsy Stover et W.S.S. Jee, JWW Press, Dept. of Anatomy, Université de l'Utah, (1972).
- [13] National Council on Radiation Protection and Measurements. Medical X-Ray Protection up to Two Million Volts, NCRP Report No. 6, (NBS-HB-41), 1949.
- [14] Medical Research Council, The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations, Cmd 9780, H.M.S. Office, 1956.
- [15] National Academy of Sciences — National Research Council. The Biological Effects of Atomic Radiation — Summary Reports, 1956.
- [16] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Adoptées le 9 septembre 1958), ICRP Pub.1, Pergamon Press, Londres, 1959.
- [17] Maximum Permissible Radiation Exposure to Man — A Preliminary Statement of the National Committee on Radiation Protection and Measurements (8 janvier 1957), Amer. J. Roentgen., 77, 910, 1957, et Radiology, 68, 260, 1957.
- [18] Maximum Permissible Radiation Exposures to Man (15 avril 1958), Additif au rapport No. 17 de la NCRP, Radiology, 71, 263, 1958.
- [19] Taylor, L.S. Organization for Radiation Protection. The Operations of the ICRP and NCRP, 1928–1974 (sous presse).