



**Nations Unies**

**Rapport du Comité scientifique  
des Nations Unies  
pour l'étude des effets  
des rayonnements ionisants**

**Cinquante-sixième session  
(10-18 juillet 2008)**

**Assemblée générale  
Documents officiels  
Soixante-troisième session  
Supplément n° 46**



**Assemblée générale**  
Documents officiels  
Soixante-troisième session  
Supplément n° 46

# **Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants**

**Cinquante-sixième session  
(10-18 juillet 2008)**



Nations Unies • New York, 2008

*Note*

Les cotes des documents de l'Organisation des Nations Unies se composent de lettres majuscules et de chiffres. La simple mention d'une cote dans un texte signifie qu'il s'agit d'un document de l'Organisation.

[11 août 2008]

## Table des matières

<i>Chapitre</i>	<i>Page</i>
I. Introduction .....	1
II. Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants sur les travaux de sa cinquante-sixième session .....	2
III. Plan stratégique et programme de travail du Comité .....	4
IV. Rapport scientifique.....	6
A. Les sources de radioexposition.....	10
B. Accident de Tchernobyl.....	24
C. Effets sur les organismes vivants non humains .....	28
 Appendices	
I. Liste des membres des délégations nationales aux cinquantième à cinquante-sixième sessions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, au cours desquelles le rapport scientifique pour 2008 a été élaboré.....	30
II. Personnel scientifique et consultants ayant contribué à l'établissement du rapport pour 2008 du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants.....	32



## I. Introduction

1. L'exposition aux rayonnements provient notamment d'applications médicales (diagnostic et traitement), de la production et de l'essai d'armes nucléaires, du fond de rayonnement naturel, des centrales nucléaires, des accidents comme celui de Tchernobyl en 1986 et des activités qui impliquent une exposition accrue aux rayonnements d'origine artificielle ou naturelle.

2. Depuis sa création par la résolution 913 (X) de l'Assemblée générale en date du 3 décembre 1955, le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants est chargé de réaliser des études générales sur ces rayonnements et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement. Dans ce cadre, le Comité étudie et évalue de manière approfondie l'exposition à ces rayonnements aux niveaux mondial et régional. Il évalue les éléments permettant de déduire les effets des rayonnements sur la santé dans les groupes exposés, notamment les survivants des bombes atomiques au Japon. Il suit également les progrès dans la compréhension des mécanismes biologiques par lesquels les rayonnements peuvent induire des effets sur la santé ou l'environnement. Ces études sont notamment utilisées comme base scientifique par les organismes compétents du système des Nations Unies pour formuler des normes internationales de protection du public et des travailleurs contre les rayonnements ionisants<sup>1</sup>, qui sont elles-mêmes liées à d'importants instruments juridiques et réglementaires.

---

<sup>1</sup> Les Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements sont actuellement élaborées sous les auspices de l'Organisation internationale du Travail, de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques et de l'Organisation panaméricaine de la santé.

## II. Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants sur les travaux de sa cinquante-sixième session

3. Le Comité a tenu sa cinquante-sixième session à Vienne du 10 au 18 juillet 2008<sup>2</sup>. MM. Norman Gentner (Canada), Wolfgang Weiss (Allemagne) et Mohamed A. Gomaa (Égypte) étaient respectivement Président, Vice-Président et Rapporteur. Le Comité a étudié minutieusement les cinq annexes scientifiques qu'il avait examinées pour la dernière fois à sa cinquante-cinquième session (21-25 mai 2007), comme il l'avait indiqué à l'Assemblée générale dans son rapport sur les travaux de cette session<sup>3</sup>, et il a approuvé leur publication. Comme indiqué précédemment<sup>4</sup>, le Comité avait initialement prévu que ces documents seraient publiés en 2005.

4. S'agissant du rapport et des annexes scientifiques qu'il avait approuvés en 2006<sup>5</sup>, le Comité s'est dit déçu par le fait que le volume I n'avait été publié qu'en juillet 2008 et que le volume II ne le serait probablement pas avant décembre 2008 car les États Membres et certaines organisations<sup>6</sup> comptaient sur les informations contenues dans ce rapport, auquel les membres du Comité avaient apporté des contributions scientifiques inestimables. On a fait observer que les retards étaient imputables au manque de personnel, d'une part, et, d'autre part, à une pénurie de ressources financières sûres et prévisibles.

5. Le Comité a noté que, dans sa résolution 62/100 du 17 décembre 2007, l'Assemblée générale avait exhorté le Secrétaire général à prendre les mesures administratives voulues pour que le secrétariat puisse fournir au Comité scientifique des services adéquats de manière prévisible et durable et l'avait prié de lui présenter, à sa soixante-troisième session, un rapport de synthèse complet, élaboré en consultation avec le Comité scientifique selon qu'il conviendra, sur les incidences financières et administratives de l'augmentation du nombre des membres

<sup>2</sup> Outre les membres du Comité, ont également participé à cette session les points de contact officiels du Bélarus, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine pour les questions relatives à l'accident de Tchernobyl; des observateurs du Bélarus, de l'Espagne, de la Finlande, du Pakistan, de la République de Corée et de l'Ukraine; ainsi que des observateurs du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), de l'AIEA, de l'OMS, du Centre international de recherche sur le cancer, de la Commission européenne, de la Commission internationale de protection radiologique, de la Commission internationale des unités et des mesures de radiation, de l'Organisation internationale de normalisation et de l'Union internationale de radioécologie.

<sup>3</sup> *Documents officiels de l'Assemblée générale, soixante-deuxième session, Supplément n° 46 (A/62/46)*, par. 3.

<sup>4</sup> *Ibid.*, cinquante-sixième session, *Supplément n° 46 (A/56/46)*, par. 10.

<sup>5</sup> *Ibid.*, soixante et unième session, *Supplément n° 46 (A/61/46)*, par. 2.

<sup>6</sup> Dans sa résolution GC(51)/RES/11 intitulée "Mesures pour renforcer la coopération internationale dans les domaines de la sûreté nucléaire et radiologique, de la sûreté du transport et de la gestion des déchets" adoptée à sa cinquante et unième session ordinaire, la Conférence générale de l'AIEA a noté que le secrétariat de l'AIEA avait commencé la révision des Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (NFI) avec la participation des autres auteurs, pris note du rapport établi par le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants sur les travaux de sa cinquante-quatrième session (*Documents officiels de l'Assemblée générale, soixante et unième session, Supplément n° 46 (A/61/46)*) et prié instamment le secrétariat de l'AIEA de réfléchir soigneusement aux changements pouvant être apportés aux NFI et de les justifier, en veillant notamment à leur compatibilité avec le rapport du Comité.

du Comité, l'effectif du secrétariat spécialisé et les méthodes visant à assurer un financement suffisant, garanti et prévisible. Il a été demandé au secrétariat de faciliter l'inclusion des avis du Comité sur ces questions dans le rapport du Secrétaire général.

6. Le Comité a décidé de tenir sa cinquante-septième session à Vienne du 25 au 29 mai 2009.

### III. Plan stratégique et programme de travail du Comité

7. Le Comité a établi un plan stratégique<sup>7</sup> afin de définir les perspectives et les orientations pour toutes ses activités pendant la période 2009-2013, de faciliter la programmation axée sur les résultats par le secrétariat, d'encourager une gestion garantissant des ressources suffisantes, sûres et prévisibles, et d'améliorer la planification et la coordination entre les différentes parties prenantes.

8. Le Comité a estimé que son objectif stratégique pour la période en question était de sensibiliser davantage et de mieux informer les autorités, la communauté scientifique et la société civile au sujet des niveaux de rayonnements ionisants et de leurs effets sur la santé et l'environnement afin de leur donner une base solide pour prendre des décisions éclairées sur les questions relatives aux rayonnements.

9. Il a été décidé que les priorités thématiques pour cette période seraient les expositions médicales des patients, les niveaux de rayonnement et les effets de la production d'énergie, l'exposition aux sources de rayonnement naturelles et l'amélioration de la compréhension des effets de l'exposition à de faibles doses de rayonnement.

10. Plusieurs changements stratégiques ont été envisagés pour mieux répondre aux besoins des États Membres, à savoir: a) simplifier le processus d'évaluation scientifique du Comité en élaborant tous les quatre à cinq ans des rapports de synthèse concis mais de vaste portée sur les niveaux et les effets de l'exposition aux rayonnements ainsi que, en fonction des besoins, des rapports spéciaux traitant des nouveaux développements; en mettant en place des groupes d'experts permanents chargés de suivre les nouveaux développements et des réseaux de centres d'excellence pour contribuer à l'application du plan stratégique; b) renforcer les mécanismes de collecte, d'analyse et de diffusion des données; c) améliorer la planification axée sur les résultats, y compris la coordination avec d'autres parties prenantes pour tirer parti de synergies dans certains domaines et éviter les incohérences; et d) renforcer la sensibilisation et la communication en améliorant le site Web du Comité et en diffusant ses conclusions auprès des décideurs et du public sous une forme directement compréhensible.

11. On a estimé que l'application du plan stratégique entraînerait une augmentation du volume de travail intersessions du Comité et que des mesures devraient être prises pour répondre aux craintes qu'inspirait au Comité le fait que son secrétariat ne disposait que d'un seul poste de la catégorie des administrateurs, ce qui l'avait rendu très vulnérable et faisait obstacle à la bonne exécution de son programme de travail approuvé et à l'application de méthodes efficaces pour assurer un financement suffisant, garanti et prévisible, comme l'avait demandé l'Assemblée générale dans sa résolution 62/100.

12. S'agissant de son programme de travail futur, le Comité a décidé d'entreprendre immédiatement des travaux sur l'évaluation des niveaux de rayonnement imputables à la production d'énergie et de leurs effets sur la santé humaine et l'environnement; les incertitudes en matière d'estimation des risques liés aux rayonnements; l'imputabilité des effets de l'exposition aux rayonnements sur la santé, en réponse au paragraphe 6 de la résolution 62/100 de l'Assemblée générale;

---

<sup>7</sup> Disponible sur demande auprès du secrétariat du Comité.

l'actualisation de sa méthode d'estimation de l'exposition due aux rejets des installations nucléaires; une synthèse des effets des rayonnements; et l'amélioration de la collecte, de l'analyse et de la diffusion des données. En fonction des ressources disponibles, d'autres travaux pourraient être entrepris sur les effets biologiques des principaux émetteurs internes, les expositions médicales des patients, l'exposition accrue à des sources de rayonnement naturelles imputable à des activités humaines, l'information du public et la constitution d'une base de connaissances sur les niveaux de radioactivité et les effets des rayonnements. Le Comité a autorisé le secrétariat à prendre les mesures nécessaires pour mettre en œuvre le plan stratégique et le programme de travail futur.

## IV. Rapport scientifique

13. Le rapport scientifique et ses annexes ont été élaborés de la cinquantième à la cinquante-sixième session du Comité sur la base de documents soumis par le secrétariat. Les fonctions de président, vice-président et rapporteur lors de ces sessions ont été assurées par:

<i>Session</i>	<i>Président</i>	<i>Vice-Président</i>	<i>Rapporteur</i>
Cinquantième	J. Lipsztein (Brésil)	Y. Sasaki (Japon)	R. Chatterjee (Canada)
Cinquante et unième	J. Lipsztein (Brésil)	Y. Sasaki (Japon)	R. Chatterjee (Canada)
Cinquante-deuxième	Y. Sasaki (Japon)	R. Chatterjee (Canada)	P. Burns (Australie)
Cinquante-troisième	Y. Sasaki (Japon)	P. Burns (Australie)	N. Gentner (Canada)
Cinquante-quatrième	P. Burns (Australie)	N. Gentner (Canada)	C. Streffer (Allemagne)
Cinquante-cinquième	P. Burns (Australie)	N. Gentner (Canada)	W. Weiss (Allemagne)
Cinquante-sixième	N. Gentner (Canada)	W. Weiss (Allemagne)	M. Gomaa (Égypte)

14. On trouvera à l'appendice I la liste des membres des délégations nationales à ces sessions. Le Comité tient à remercier les représentants des institutions spécialisées du Système des Nations Unies et des autres organisations pour leur contribution aux débats. Il souhaite aussi exprimer sa reconnaissance au petit groupe de consultants qui a aidé à élaborer la documentation (voir appendice II). Ceux-ci se sont chargés de l'évaluation préliminaire des informations techniques pertinentes sur lesquelles le Comité a fondé ses délibérations finales.

15. Dans la conduite de ses travaux, le Comité a porté un jugement scientifique sur les informations qu'il a examinées et a veillé à adopter une position indépendante et neutre dans l'élaboration de ses conclusions. Conformément à la pratique établie, celles-ci sont exposées dans le présent rapport. Les annexes scientifiques qui les étayaient sont destinées à la communauté scientifique et seront publiées séparément comme publication des Nations Unies destinée à la vente.

### Résumé

16. Depuis son apparition sur la planète, l'homme est exposé aux rayonnements ionisants provenant de sources naturelles, même si, par son activité, il a pu modifier cette exposition. En outre, de nouvelles sources artificielles d'exposition sont apparues au cours de la dernière centaine d'années. Les dernières estimations du Comité sur les niveaux d'exposition aux rayonnements et les tendances en la matière remontent à son rapport de 2000<sup>8</sup>. Le présent rapport actualise et élargit ces estimations, et le tableau 1 ci-après présente sous forme synthétique les valeurs actualisées des doses moyennes annuelles et les fourchettes d'exposition à toutes les sources<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> *Documents officiels de l'Assemblée générale, cinquante-cinquième session, Supplément n° 46 (A/55/46).*

<sup>9</sup> Le concept de dose de rayonnement est présenté plus loin dans le paragraphe 26.

Tableau 1  
**Doses moyennes annuelles et fourchettes de doses individuelles de rayonnement ionisant par source**  
 (Millisieverts<sup>a</sup>)

<i>Source ou mode</i>	<i>Dose annuelle moyenne (monde)</i>	<i>Fourchette habituelle des doses individuelles</i>	<i>Observations</i>
<b>Sources naturelles d'exposition</b>			
Inhalation (radon)	1,26	0,2-10	La dose est bien plus élevée dans certains logements.
Terrestre externe	0,48	0,3-1	La dose est plus élevée à certains endroits.
Ingestion	0,29	0,2-1	
Rayonnement cosmique	0,39	0,3-1	La dose s'accroît avec l'altitude.
<b>Total</b>	<b>2,4</b>	<b>1-13</b>	<b>Des groupes de population importants reçoivent entre 10 et 20 mSv.</b>
<b>Sources artificielles d'exposition</b>			
Diagnostic médical (à l'exclusion de la radiothérapie)	0,6	0-plusieurs dizaines	Les moyennes pour les différents niveaux de services de santé varient de 0,03 à 2,0 mSv; les doses moyennes dans certains pays sont plus élevées que celles dues aux sources naturelles; les doses individuelles dépendent des examens spécifiques.
Essais nucléaires atmosphériques	0,005	Des doses plus élevées sont encore enregistrées près des sites d'essais.	La moyenne a chuté depuis le pic de 0,11 mSv enregistré en 1963.
Exposition professionnelle	0,005	~0-20	La dose moyenne à l'ensemble des travailleurs est de 0,7 mSv. Cette dose moyenne et les doses élevées proviennent pour l'essentiel de l'exposition au rayonnement naturel (en particulier au radon dans les mines).
Accident de Tchernobyl	0,002 <sup>b</sup>	En 1986, plus de 300 000 travailleurs ayant participé aux travaux de redressement ont reçu une dose moyenne de près de 150 mSv, et plus de 350 000 autres personnes ont reçu des doses dépassant 10 mSv.	La moyenne dans l'hémisphère Nord a décliné par rapport au pic de 0,04 mSv enregistré en 1986. Les doses à la thyroïde étaient bien plus élevées.
Cycle du combustible nucléaire (exposition de la population)	0,002 <sup>b</sup>	Jusqu'à 0,02 mSv pour les groupes critiques situés à 1 km de certains sites de réacteurs nucléaires.	
<b>Total</b>	<b>0,6</b>	<b>De pratiquement zéro à plusieurs dizaines</b>	<b>Les doses individuelles dépendent en premier lieu du traitement médical, de l'exposition professionnelle et de la proximité de sites d'essais ou d'accidents.</b>

<sup>a</sup> Unité de mesure de la dose efficace.

<sup>b</sup> Radionucléides dispersés dans le monde. La valeur pour le cycle du combustible nucléaire représente la dose annuelle individuelle maximum pour le public à l'avenir, en supposant que la pratique se poursuive pendant un siècle, et provient essentiellement des radionucléides à longue période dispersés dans le monde qui sont émis lors du retraitement du combustible nucléaire et de l'exploitation des centrales nucléaires.

17. Les principales sources naturelles de rayonnement sont le rayonnement cosmique et les radionucléides naturels présents dans les sols et les roches. Le rayonnement cosmique est nettement plus fort aux altitudes de croisière des avions à réaction qu'à la surface de la Terre. Les taux d'exposition externe aux radionucléides naturels varient considérablement d'un endroit à l'autre, jusqu'à atteindre le centuple du niveau moyen. Le radon, gaz issu de la désintégration de l'uranium naturel dans le sol qui s'infiltré dans les maisons, est un radionucléide important. L'exposition provenant de l'inhalation de ce gaz par des personnes vivant et travaillant en intérieur varie énormément en fonction de la géologie locale, du type de construction et des modes de vie; elle représente environ la moitié de l'exposition moyenne aux sources naturelles.

18. Le Comité a évalué les radioexpositions additionnelles engendrées par les activités militaires et pacifiques. Des essais nucléaires en atmosphère ont été réalisés sur plusieurs sites, principalement dans l'hémisphère Nord de 1952 à 1958 et en 1961 et 1962. Les retombées radioactives de ces essais représentent encore aujourd'hui une source d'exposition continue, bien qu'à des niveaux très faibles. Le retour des habitants dans les zones d'essais nucléaires est problématique car la radioactivité résiduelle est considérable sur certains sites. Les personnes vivant près d'anciens sites de production de matières et d'armes nucléaires sont également exposées aux rayonnements. L'utilisation militaire de l'uranium appauvri, en particulier dans les munitions perforantes, a suscité des préoccupations concernant la contamination résiduelle; toutefois, les radioexpositions sont généralement négligeables.

19. L'exposition médicale représente, et de loin, la principale forme d'application pacifique des rayonnements. Ce type d'exposition est presque toujours volontaire et bénéficie directement à la personne exposée. Quel que soit le niveau des services de santé dans un pays, les applications médicales des rayonnements continuent de croître à mesure que les techniques se perfectionnent et se diffusent, environ 3,6 milliards d'exams radiologiques étant réalisés chaque année dans le monde. Dans les pays où ces services sont d'un niveau élevé, l'exposition due aux applications médicales équivaut actuellement à environ 80 % en moyenne de celle imputable aux sources naturelles.

20. La production d'énergie électrique par les centrales nucléaires a progressé de façon constante depuis 1956. Le cycle du combustible nucléaire comprend l'extraction et le traitement du minerai d'uranium; la fabrication du combustible; la production d'énergie dans le réacteur nucléaire; le stockage ou le retraitement du combustible usé; et l'entreposage et le stockage définitif des déchets radioactifs. Les doses à la population varient fortement en fonction des types d'installations, mais sont généralement faibles et diminuent nettement à mesure qu'on s'éloigne de l'installation. Les doses aux populations locales et régionales imputables aux réacteurs nucléaires diminuent progressivement en raison de niveaux de rejet moindres.

21. En matière d'exposition professionnelle, on s'est traditionnellement concentré sur les sources artificielles de rayonnement, mais on est maintenant conscient du fait qu'un très grand nombre de travailleurs sont exposés à des sources naturelles. L'exposition professionnelle dans les centrales nucléaires commerciales a reculé de façon constante au cours des trois dernières décennies, avec cependant d'importantes différences suivant le type de réacteur. Les estimations des

expositions liées au cycle du combustible nucléaire sont généralement plus fiables et plus complètes que pour les autres applications des rayonnements. En revanche, le suivi et la notification des expositions professionnelles en médecine et dans l'industrie sont moins systématiques. Alors que la dose moyenne aux travailleurs, toutes catégories professionnelles confondues, a considérablement diminué ces deux dernières décennies, les expositions professionnelles aux sources naturelles de rayonnement ont peu changé.

22. Un petit nombre d'accidents liés au cycle du combustible nucléaire ont reçu une large couverture médiatique. Toutefois, il s'est produit plus d'une centaine d'accidents mettant en jeu des sources industrielles et médicales, en particulier des sources dites "orphelines" (c'est-à-dire non soumises à un contrôle réglementaire), qui ont causé des dommages corporels parmi les travailleurs ou la population. Les applications médicales des rayonnements peuvent aussi donner lieu à des accidents, habituellement en raison d'erreurs humaines ou de défaillances techniques en radiothérapie. On sait que les accidents liés aux sources orphelines et aux applications médicales des rayonnements sont devenus plus fréquents, mais leur nombre actuel est probablement sous-estimé, peut-être même de beaucoup, parce qu'ils ne sont pas tous signalés.

23. L'accident qui s'est produit à la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986 a été le plus grave de l'histoire de l'énergie nucléaire civile. Deux travailleurs sont décédés immédiatement après l'accident, 134 membres du personnel de la centrale et des équipes de secours ont souffert du syndrome d'irradiation aiguë, et 28 en sont morts. Plusieurs centaines de milliers de travailleurs ont participé ensuite aux opérations de relèvement. Parmi les personnes ayant reçu les doses les plus élevées en 1986 et 1987, on signale une incidence accrue de leucémies et de cataractes; actuellement, on ne dispose pas d'autres données concordantes concernant d'autres effets radiologiques sur la santé. Le nuage radioactif généré par l'accident a déposé une grande quantité de matières radioactives sur de vastes régions de l'ex-Union soviétique et de l'Europe, contaminant la terre, l'eau et le biote, et provoquant des perturbations sociales et économiques particulièrement graves au sein de larges segments de la population du Bélarus, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine. Parmi les personnes qui étaient enfants ou adolescents en 1986 dans les régions touchées de l'ex-Union soviétique, on a recensé plus de 6 000 cas de cancer de la thyroïde (dont un petit nombre seulement ont été mortels à ce jour) qui pouvaient en grande partie être attribués à l'ingestion de lait contaminé par l'iode 131, un radionucléide de courte période. À plus long terme, la population dans son ensemble a aussi été exposée à un rayonnement chronique de faible intensité, mais on ne dispose encore d'aucun élément concordant qui mettrait en évidence d'autres effets radiologiques sur la santé publique.

24. Dans son rapport scientifique de 1996, le Comité a évalué les taux d'exposition en dessous desquels les effets sur les populations d'espèces autres que l'homme étaient improbables. Depuis, il a examiné les méthodes utilisées pour évaluer les doses de rayonnement reçues par ces espèces à la lumière de nouvelles informations scientifiques sur les effets radiobiologiques sur les plantes et les animaux (en particulier des informations provenant du suivi constant des conséquences environnementales de l'accident de Tchernobyl). Cet examen n'a apporté aucun élément qui justifierait que le Comité modifie ses conclusions de 1996 selon lesquelles aucun effet n'est attendu à des débits de dose chroniques

inférieurs à 0,1 milligray par heure ou à des doses aiguës inférieures à 1 gray pour les individus les plus fortement exposés au sein de la population exposée.

## **A. Les sources de radioexposition**

25. Toute matière est composée d'atomes, dont certains sont naturellement stables et d'autres non. La radioactivité est un phénomène naturel qui se produit lorsqu'un atome à noyau instable se transforme spontanément en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnement ionisant. Ces éléments instables, dénommés radionucléides, sont radioactifs. Le rayonnement émis peut l'être sous la forme de particules (par exemple, des électrons, des neutrons et des particules alpha), de rayonnement électromagnétique (rayons gamma ou rayons X), avec chaque fois des quantités d'énergie différentes. Le rayonnement peut aussi être généré artificiellement par des machines.

26. Lorsque le rayonnement ionisant traverse la matière, y compris les tissus vivants, il lui transfère de l'énergie qui finit par l'ioniser et l'exciter. La quantité d'énergie transférée divisée par la masse du tissu exposé est appelée dose absorbée et est généralement exprimée en milligrays. Le dommage biologique causé par le rayonnement est fonction de la quantité d'énergie transférée. Toutefois, pour estimer l'effet biologique potentiel, il faut tenir compte du fait que différents types de rayonnements produisent différents effets biologiques pour une même quantité d'énergie transférée et que les tissus réagissent aussi différemment. Une quantité pondérée appelée "dose efficace" est employée en radioprotection; il s'agit de l'indicateur le plus utilisé pour mesurer les effets biologiques potentiels de l'exposition aux rayonnements ionisants sur les êtres humains. La dose efficace (ci-après la "dose") est généralement exprimée en millisieverts (mSv). L'exposition totale d'un groupe de personnes à des rayonnements est appelée dose collective et est exprimée en homme-sieverts (hSv). À titre de référence pour des comparaisons ultérieures, la valeur moyenne mondiale de la dose individuelle imputable au fond de rayonnement naturel est de 2,4 mSv, alors que la dose collective annuelle correspondante pour la population mondiale est d'environ 16 millions de hSv.

### **1. Sources naturelles**

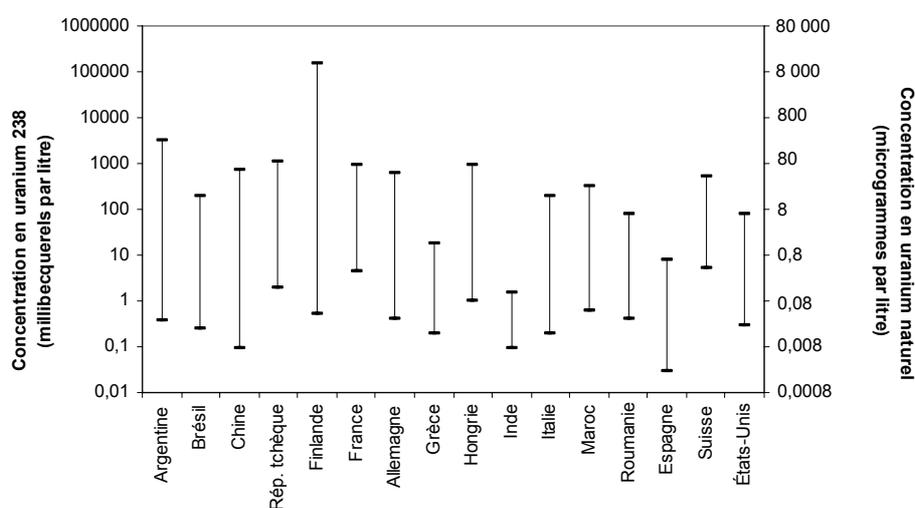
27. Pour la plupart des personnes, la plus grande partie de l'exposition totale aux rayonnements provient du fond de rayonnement naturel. Bien que les sources de rayonnement soient naturelles, l'exposition est influencée par l'activité humaine, par exemple le simple fait d'habiter dans une maison. Les matériaux de construction protègent des rayonnements émis par le sol, mais peuvent eux-mêmes contenir des radionucléides qui augmentent l'exposition. En outre, les bâtiments peuvent piéger le radon et provoquer une exposition plus importante qu'à l'extérieur.

28. Le rayonnement cosmique (provenant de l'espace extra-atmosphérique) est nettement atténué par l'atmosphère terrestre. Au niveau de la mer, il représente environ 15 % de la dose totale imputable aux sources naturelles de rayonnement, mais à des altitudes plus élevées, et en particulier dans l'espace, il constitue la principale source de rayonnement. Aux altitudes de croisière des vols commerciaux, les débits de dose moyens sont compris entre 0,003 et 0,008 mSv/heure, soit deux ordres de grandeur de plus qu'au niveau de la mer.

29. Tout ce qui est à l'intérieur et à la surface de la Terre contient des radionucléides. Le potassium 40, l'uranium 238 et le thorium 232, que l'on appelle radionucléides primordiaux, ainsi que les radionucléides qu'ils produisent en se désintégrant, émettent des rayonnements. Les estimations de l'exposition externe<sup>10</sup> varient considérablement d'un endroit à l'autre. À certains endroits précis, les concentrations de ces radionucléides sont tellement élevées que les débits de dose peuvent atteindre le centuple de la valeur moyenne mondiale. Ces radionucléides, et certains formés par l'interaction des rayonnements cosmiques avec l'atmosphère terrestre, sont également présents dans la nourriture et les boissons et sont ainsi incorporés à l'organisme. Les concentrations de radionucléides naturels dans l'environnement varient fortement (voir fig. I). Le potassium 40 est à l'origine de la plus grande partie de la dose imputable à cette exposition interne<sup>10</sup>.

Figure I

### Variabilité des concentrations d'uranium naturel observées dans l'eau potable



*Note:* Les lignes verticales représentent la fourchette des valeurs observées dans le pays. Chaque graduation sur les axes verticaux correspond à une augmentation d'un facteur 10.

30. Le radon 222 (ou simplement "radon") est un radionucléide issu de la série de désintégration de l'uranium 238. Ce gaz est une composante normale du gaz présent dans le sol et s'infiltré dans les bâtiments. Lorsqu'il est inhalé, certains de ses descendants à courte période se fixent dans les poumons et irradient les cellules des voies respiratoires. Les niveaux de radon varient considérablement en fonction de la géologie locale, mais aussi de facteurs comme la perméabilité du sol, la construction du bâtiment, le climat et le mode de vie. De très vastes programmes de mesure ont été menés sur la base desquels des dispositions ont été prises pour réduire les concentrations de radon à l'intérieur des bâtiments. Le radon représente environ la moitié de l'exposition moyenne aux sources naturelles de rayonnement.

<sup>10</sup> L'exposition externe est l'exposition à des rayonnements provenant de l'extérieur du corps, alors que l'exposition interne est l'exposition due à des matières radioactives présentes à l'intérieur du corps.

31. Des estimations de la radioexposition individuelle annuelle moyenne imputable à toutes les sources naturelles de rayonnement sont présentées dans le tableau 1 ci-dessus.

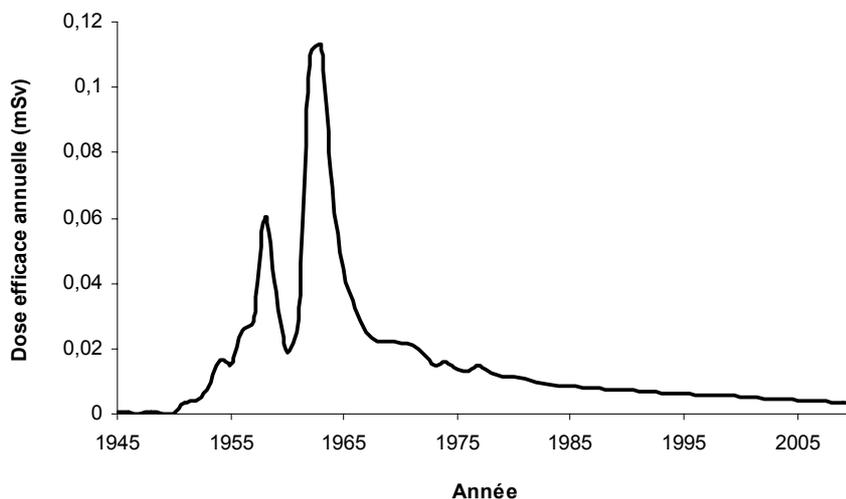
## 2. Les sources artificielles

### a) Expositions dues aux activités militaires

32. Des essais nucléaires en atmosphère ont été réalisés sur un certain nombre de sites, surtout dans l'hémisphère Nord, entre 1945 et 1980. C'est entre 1952 et 1958 et en 1961 et 1962 que ces essais ont été les plus nombreux. En tout, 502 essais représentant au total 434 mégatonnes d'équivalent TNT ont été réalisés. La valeur moyenne annuelle mondiale estimée de la dose individuelle efficace attribuable aux retombées mondiales de ces essais a culminé à 0,11 mSv en 1963 puis a diminué jusqu'à son niveau actuel d'environ 0,005 mSv (voir fig. II). Cette source d'exposition ne déclinera que très lentement à l'avenir puisqu'elle provient en majorité du carbone 14, un radionucléide à longue période.

Figure II

**Valeur estimée de la dose individuelle efficace attribuable aux essais nucléaires, 1945-2005 (moyenne annuelle mondiale)**



33. Les personnes vivant à proximité des sites d'essais ont également été exposées aux retombées locales. Les sites et les caractéristiques des essais étant sensiblement différents, les doses peuvent uniquement être évaluées séparément après des études très approfondies sur chaque site. Nombre de ces études ont été réalisées à la fin des années 1990 et au début de la présente décennie, et elles se poursuivent. Il est clair que certaines personnes qui vivaient à proximité des sites au moment des essais ont reçu des doses très fortes. Actuellement, on est préoccupé par la réutilisation des sites d'essais nucléaires car les résidus radioactifs peuvent être présents en très grandes quantités dans certains environnements.

34. De 1962 à 1990, après la signature du Traité interdisant les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, dans l'espace extra-atmosphérique et sous l'eau<sup>11</sup> de 1963, jusqu'à 50 essais souterrains, voire davantage, ont généralement été effectués chaque année; quelques essais ont également été réalisés par la suite. La plupart des essais souterrains avaient un rendement bien plus faible que les essais atmosphériques et les débris radioactifs ont généralement été confinés, sauf si des gaz ont été rejetés ou se sont échappés dans l'atmosphère. Les essais ont généré une très grande quantité de résidus radioactifs, mais ceux-ci ne devraient toutefois pas entraîner de radioexposition du public car ils se trouvent à grande profondeur et ont pour l'essentiel fusionné avec la roche hôte.

35. Outre les essais nucléaires, les installations de production de matières nucléaires et de fabrication d'armes nucléaires constituent une autre source de rejets de radionucléides se traduisant par une radioexposition des populations locales.

36. L'uranium appauvri, sous-produit de l'enrichissement de l'uranium, est moins radioactif que l'uranium naturel. Sa toxicité chimique est sa propriété la plus dangereuse. Excepté dans quelques scénarios spécifiques (notamment les manipulations de longue durée), la radioexposition devrait être négligeable.

## **b) Expositions imputables à des activités pacifiques**

### **i) Radioexpositions médicales**

37. Les radioexpositions subies par les patients sont liées à la radiologie diagnostique, à la médecine nucléaire et à la radiothérapie. Le Comité a réalisé une enquête sur les expositions médicales pour la période 1997–2007. Les données de l'enquête sont limitées, la majorité des réponses provenant de pays relativement développés. Il est inopportun de comparer explicitement les doses résultant des expositions médicales avec celles qui proviennent d'autres sources étant donné que les patients retirent un avantage direct de l'exposition et sont probablement malades ou plus âgés que l'ensemble de la population. En fait, l'augmentation des expositions médicales est sans doute liée à une amélioration des prestations de santé.

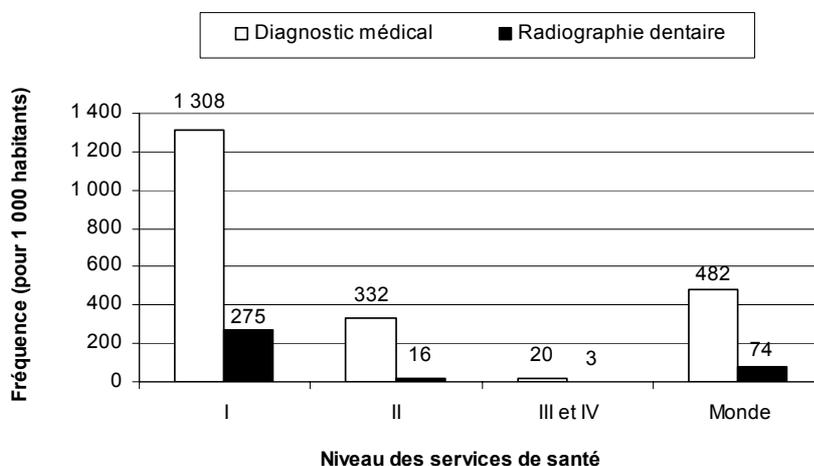
#### *Expositions médicales diagnostiques*

38. Depuis l'enquête précédente (portant sur la période 1991–1996), le nombre total de radiographies diagnostiques (médicales et dentaires) serait passé de 2,4 milliards à 3,6 milliards — soit une augmentation d'environ 50 %. Comme dans les rapports précédents du Comité, les données sont groupées selon le niveau des services de santé des pays (ce niveau, qui dépend du nombre d'habitants par médecin, va de I à IV, le niveau I étant le plus élevé et le niveau IV le plus bas). La figure III ci-après montre, pour la période 1997–2007, la fréquence annuelle des examens radiologiques selon le niveau des services de santé. Il en ressort que ce type d'examen est plus de 65 fois plus fréquent dans les pays de niveau I (qui comptent 24 % de la population mondiale) que dans les pays de niveaux III et IV (qui comptent 27 % de la population mondiale). Le nombre d'appareils de radiographie et de médecins disponibles témoigne également de ce déséquilibre considérable en matière de prestation des soins de santé.

<sup>11</sup> Nations Unies, *Recueil des Traités*, vol. 480, n° 6964.

Figure III

**Fréquence annuelle moyenne des radiographies médicales et dentaires selon le niveau des services de santé, 1997-2007**



39. Le tableau 2 ci-dessous montre l'évolution en ce qui concerne l'utilisation de la radiologie diagnostique et les expositions associées.

Tableau 2

**Évolution de la radioexposition due à la radiologie diagnostique**

<i>Rapport du Comité dans lequel les données de l'enquête sont analysées</i>	<i>Nombre d'examens (en millions)</i>	<i>Dose efficace collective (hSv)</i>	<i>Dose annuelle par personne (mSv)</i>
1988	1 380	1 800 000	0,35
1993	1 600	1 600 000	0,3
2000	1 910	2 300 000	0,4
2008	3 100	4 000 000	0,6

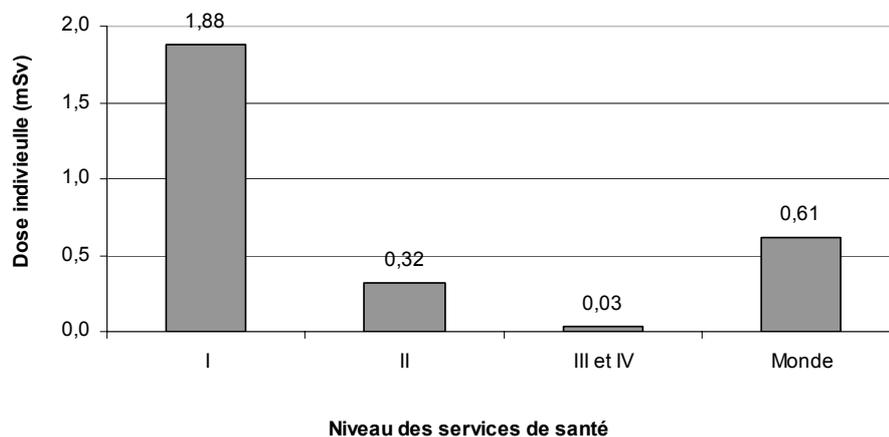
40. Ainsi, les nouvelles techniques radiographiques à dose élevée (en particulier la tomодensitométrie) entraînent une croissance extrêmement rapide du nombre de procédures annuelles effectuées dans de nombreux pays et, par voie de conséquence, une nette augmentation des doses collectives. Dans plusieurs pays, cela s'est traduit, pour la première fois dans l'histoire, par le fait que les doses annuelles collectives et individuelles imputables à la radiologie diagnostique ont dépassé celles imputables à la source précédemment la plus importante, le fond naturel de rayonnement.

41. Depuis la dernière enquête analysée par le Comité, la dose efficace collective totale imputable aux examens radiologiques diagnostiques aurait augmenté de 1,7 million de hSv, passant d'environ 2,3 millions à environ 4 millions, soit une augmentation de quelque 70 %. La figure IV ci-dessous indique, pour la période 1997-2007, la valeur annuelle moyenne, selon le niveau des services de santé et

pour l'ensemble de la population mondiale, de la dose efficace individuelle imputable aux examens radiographiques diagnostiques médicaux et dentaires.

Figure IV

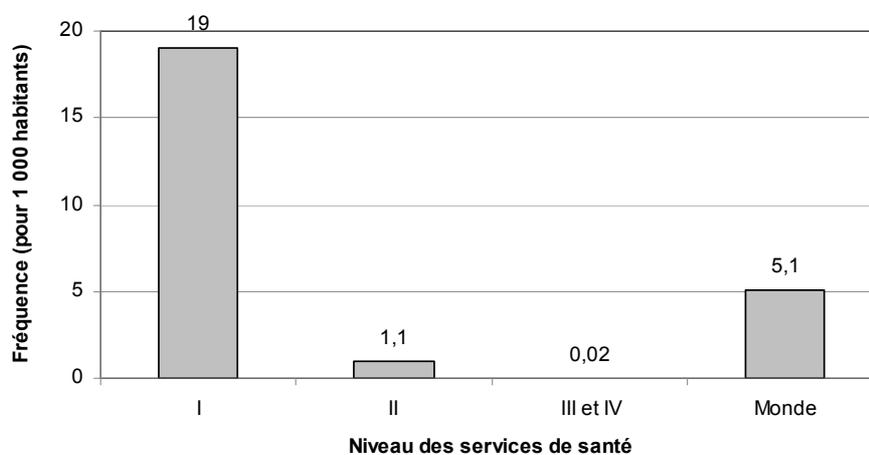
**Valeur annuelle moyenne de la dose efficace individuelle imputable aux examens radiographiques diagnostiques médicaux et dentaires selon le niveau des services de santé, 1997-2007**



#### *Médecine nucléaire*

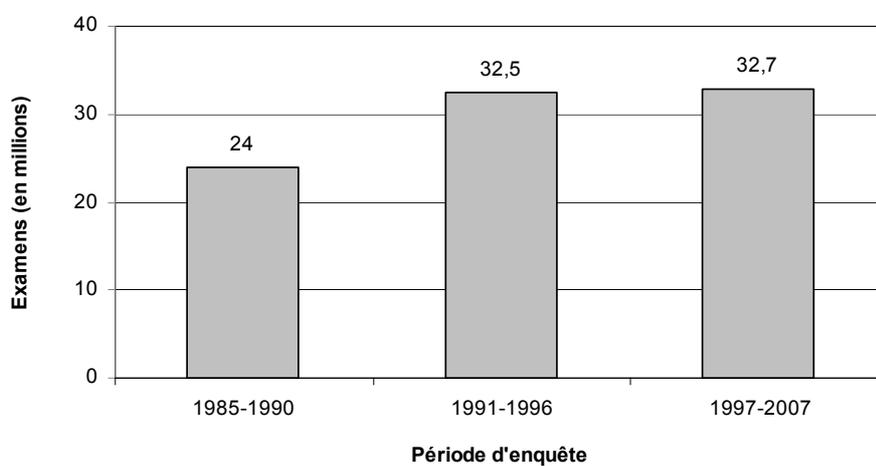
42. Au total, 32,7 millions d'examens diagnostiques de médecine nucléaire seraient effectués chaque année dans le monde entier, ce qui représente 0,2 million d'examens de plus par an, soit une augmentation de moins de 1 % depuis l'enquête de 1991-1996. Pendant la même période, la dose efficace collective imputable aux examens de médecine nucléaire est passée de 150 000 à 202 000 hSv, ce qui représente une augmentation de 52 000 hSv, soit environ 35 % de plus. Environ 90 % de l'ensemble des examens de médecine nucléaire sont effectués dans les pays de niveau I. La figure V indique la fréquence annuelle des examens diagnostiques de médecine nucléaire selon le niveau des services de santé pour la période 1997-2007.

Figure V  
Fréquence annuelle des examens diagnostiques de médecine nucléaire selon le niveau des services de santé, 1997-2007



43. Le nombre estimatif d'examens diagnostiques de médecine nucléaire effectués chaque année a augmenté au cours des trois dernières périodes d'enquête (1985-1990, 1991-1996 et 1997-2007), comme l'illustre la figure VI ci-après.

Figure VI  
Nombre estimatif d'examens diagnostiques de médecine nucléaire effectués chaque année, 1985-1990, 1991-1996 et 1997-2007



### Radiothérapie

44. Le tableau 3 ci-après présente des données estimatives annuelles concernant les types les plus courants de radiothérapies pendant la période 1997-2007 selon le niveau des services de santé. Ainsi, quelque 70 % de l'ensemble des radiothérapies ont été effectuées dans les pays de niveau I. Selon les estimations, 5,1 millions de traitements par radiothérapie ont été administrés annuellement entre 1997 et 2007, contre 4,3 millions en 1988. Environ 4,7 millions consistaient en une téléthérapie et 0,4 million en une brachythérapie.

Tableau 3

#### Données estimatives annuelles sur les radiothérapies<sup>a</sup> dans le monde, 1997-2007

Niveau de soins de santé	Population (en millions)	Téléthérapies		Brachythérapies <sup>b</sup>		Radiothérapies	
		Traitements administrés chaque année (en millions)	Traitements administrés pour 1 000 habitants	Traitements administrés chaque année (en millions)	Traitements administrés pour 1 000 habitants	Traitements administrés chaque année (en millions)	Traitements administrés pour 1 000 habitants
I	1 540	3,5	2,2	0,18	0,12	3,6	2,4
II	3 153	1,2	0,4	0,20	0,06	1,4	0,4
III	1 009	0,06	0,06	(<0,05) <sup>c</sup>	(<0,01) <sup>c</sup>	0,1	0,06
IV	744	(0,03) <sup>c</sup>	(<0,01) <sup>c</sup>	(<0,01) <sup>c</sup>	(<0,005) <sup>c</sup>	(0,03) <sup>c</sup>	(0,01) <sup>c</sup>
Mondial <sup>d</sup>	6 446	4,7	0,73	0,4	0,07	5,1	0,8

Source: Committee survey on medical radiation usage and exposures, 1997-2007.

<sup>a</sup> Traitements complets.

<sup>b</sup> A l'exception des traitements radiopharmaceutiques.

<sup>c</sup> Valeur supposée en l'absence de données.

<sup>d</sup> Comprend plusieurs pays non inclus dans les niveaux I à IV.

### Résumé

45. Le tableau 4 ci-après récapitule la dose efficace collective annuelle imputable à des expositions médicales pour la période 1997-2007. Les pays de niveau I (c'est-à-dire les pays les plus développés) représentent près de 75 % de la dose efficace collective mondiale imputable à ces expositions.

Tableau 4

#### Dose efficace collective annuelle imputable à des expositions médicales, 1997-2007 (estimation)

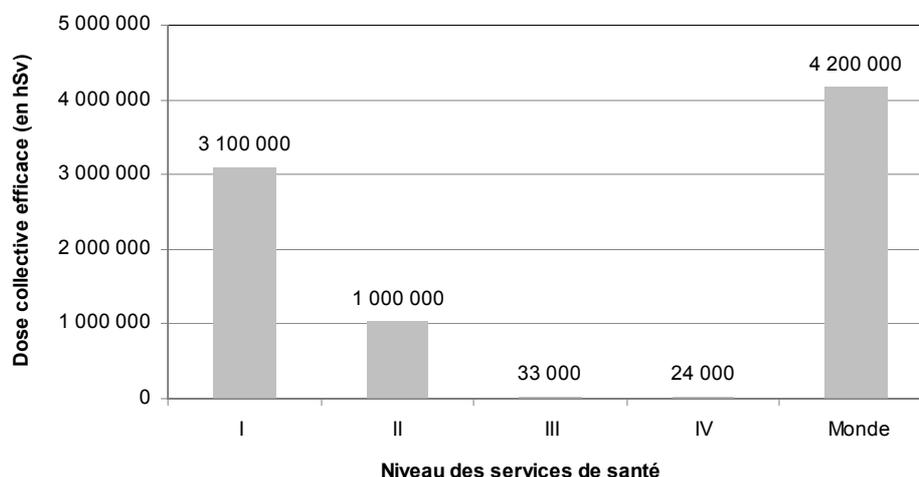
(Les totaux sont arrondis.)

Niveau de soins de santé	Population (en millions)	Examens diagnostiques médicaux (en hSv)	Radiographies dentaires (en hSv)	Examens de médecine nucléaire (en hSv)	Total (en hSv)
I	1 540	2 900 000	9 900	186 000	3 100 000
II	3 153	1 000 000	1 300	16 000	1 000 000
III	1 009	33 000	51	82	33 000
IV	744	24 000	38	...	24 000
Monde	6 446	4 000 000	11 000	202 000	4 200 000

46. Les expositions médicales restent de loin la principale source artificielle d'exposition aux rayonnements ionisants et continuent d'augmenter rapidement. Elles représentent 98 % de l'exposition imputable à l'ensemble des sources artificielles et sont maintenant la deuxième composante de la dose collective mondiale, représentant environ 20 % du total. Quelque 3,6 milliards d'actes médicaux faisant appel aux rayonnements ionisants ont été effectués chaque année pendant la période considérée, contre 2,5 milliards pendant la période couverte par l'enquête précédente, ce qui représente 1,1 milliard d'actes supplémentaires, soit une hausse de plus de 40 % au cours des dix dernières années. La dose collective efficace annuelle totale due à des expositions médicales (à l'exception de la radiothérapie) a été d'environ 4,2 millions hSv, ce qui représente une augmentation de 1,7 million hSv (soit un peu plus de 65 %) par rapport à la période précédente. La répartition des actes médicaux et des doses est très inégale entre les groupes de pays (voir fig. VII).

Figure VII

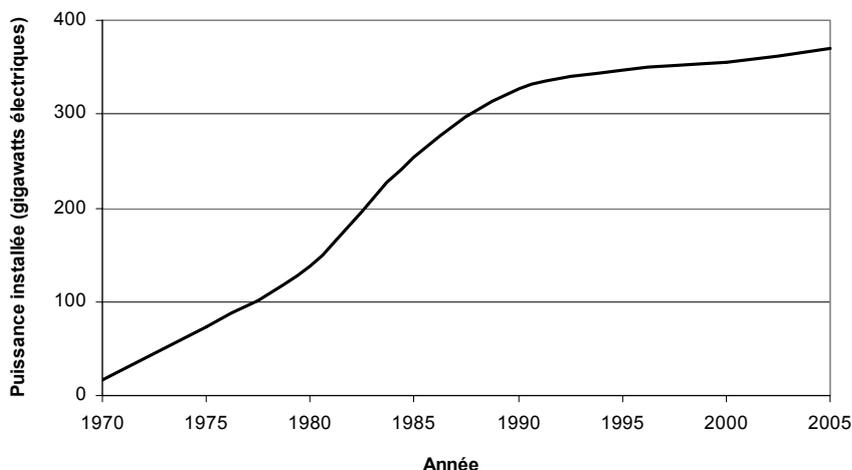
**Dose collective efficace annuelle totale due à des expositions médicales (à l'exception de la radiothérapie)**



## ii) Expositions du public aux rayonnements

47. Depuis ses débuts en 1956, la production électronucléaire a constamment augmenté et malgré le déclassement d'un nombre croissant de vieux réacteurs, elle continue de le faire (voir fig. VIII). Le cycle du combustible nucléaire comprend les étapes suivantes: extraction et concentration du minerai d'uranium et conversion en combustible nucléaire; fabrication d'éléments combustibles; production d'énergie dans la centrale nucléaire; entreposage ou traitement du combustible irradié; transport entre les diverses étapes; et entreposage et stockage définitif des déchets radioactifs. Les doses de rayonnements reçues par les personnes exposées varient considérablement d'un type d'installation à l'autre, d'un lieu à l'autre et dans le temps.

Figure VIII  
Puissance nucléaire installée dans le monde, 1970-2005



48. L'extraction et la concentration du minerai d'uranium génèrent des quantités importantes de résidus. Jusqu'en 2003, la production mondiale totale d'uranium s'élevait à quelque 2 millions de tonnes et les résidus à plus de 2 milliards de tonnes. Les sites de stockage de résidus actuels sont bien entretenus mais il existe de nombreux anciens sites abandonnés dont seuls quelques-uns ont été réhabilités. Selon les estimations du Comité, actuellement, la dose collective annuelle aux populations locales et régionales à proximité des sites d'extraction et de concentration et des sites de stockage des résidus s'élèverait à environ 50 à 60 hSv, comme pour les évaluations précédentes.

49. La plupart des réacteurs nucléaires sont des réacteurs modérés et refroidis par eau ordinaire, même si d'autres modèles sont utilisés dans certains pays. La dose collective moyenne annuelle reçue par l'ensemble des populations locales et régionales du fait des rejets des réacteurs dans l'environnement est actuellement estimée à 75 hSv, chiffre qui est inférieur aux estimations précédentes.

50. Dans le cycle du combustible nucléaire, le combustible utilisé est retraité pour récupérer de l'uranium et du plutonium susceptibles d'être réutilisés dans les réacteurs. La majeure partie du combustible utilisé est entreposée, mais environ un tiers de la quantité produite jusqu'à maintenant a été retraitée. D'après les estimations, la dose collective annuelle imputable au retraitement se situerait toujours entre 20 et 30 hSv.

51. Les déchets de faible activité et certains des déchets de moyenne activité issus des opérations du cycle du combustible sont actuellement stockés à faible profondeur mais, dans le passé, certains déchets ont parfois été déversés en mer. Tant les déchets hautement radioactifs issus du retraitement que le combustible utilisé (non retraité) sont entreposés, mais il faudra assurer ultérieurement leur stockage définitif. Le risque éventuel de radioexposition du public imputable aux déchets placés dans un stockage définitif est uniquement envisageable dans un lointain avenir de sorte que, pour l'évaluation des incidences radiologiques, il faut recourir à des modèles mathématiques. En général, on évalue à environ 200 hSv la dose

collective annuelle pour toutes les opérations liées à la production électronucléaire. La composante dominante de ces opérations est l'extraction du minerai. La dose annuelle individuelle aux populations locales et régionales représentatives à proximité des centrales nucléaires est inférieure à 0,0001 mSv (plus ou moins équivalente à la dose imputable au rayonnement cosmique reçue en quelques minutes lors d'un voyage en avion).

52. Il y a, dans le monde entier, plusieurs types d'installations qui, sans être liées à l'utilisation de l'énergie nucléaire, peuvent quand même exposer le public aux rayonnements en raison des concentrations accrues de radionucléides naturels dans leurs produits, sous-produits et déchets industriels. Les plus importantes d'entre elles sont liées à l'extraction et au traitement des minéraux. En outre, des matières radioactives d'origine naturelle peuvent aussi entraîner des radioexpositions dans le cadre de diverses pratiques humaines normales, telles que l'utilisation agricole de boues provenant du traitement des eaux ou l'utilisation de résidus comme matériaux de remblayage ou de construction. Bien que les doses au public soient faibles, de l'ordre de moins de quelques millièmes de millisieverts, certains groupes particulièrement vulnérables pourraient recevoir des doses de l'ordre de 1 millisievert. Des travaux de grande ampleur sont en cours, aux niveaux national et international, pour évaluer les expositions aux matières radioactives naturelles et élaborer des stratégies pour remédier aux situations qui donnent lieu à une exposition accrue.

### iii) Radioexposition professionnelle

53. Jusque dans les années 1990, exception faite des pratiques liées au cycle du combustible nucléaire, l'attention dans le domaine de la radioexposition professionnelle a porté essentiellement sur les sources artificielles de rayonnement. On se rend compte à présent qu'un très grand nombre de travailleurs sont également professionnellement exposés à des sources naturelles de rayonnement et, d'après les estimations actuelles, la dose collective qui en résulte serait trois fois supérieure à celle indiquée dans le Rapport du Comité pour 2000. On estime à environ 22,8 millions le nombre de travailleurs exposés à des rayonnements ionisants, dont environ 13 millions sont exposés à des sources naturelles et environ 9,8 millions à des sources artificielles. La majorité (75 %) des travailleurs exposés à des sources artificielles de rayonnement travaillent dans le secteur médical.

54. Les radioexpositions professionnelles liées aux activités militaires se produisent dans le cadre de la production et de l'essai d'armes, de l'exploitation de réacteurs de propulsion navale et d'autres utilisations similaires à celles du secteur civil. Selon les estimations du Comité, la dose collective moyenne annuelle imputable à ces sources dans le monde est de l'ordre de 50 à 150 hSv et la dose moyenne par travailleur est d'environ 0,1 à 0,2 mSv. Le degré d'incertitude de ces estimations est toutefois élevé.

55. L'extraction et le traitement de minerais radioactifs pouvant contenir des quantités importantes de radionucléides naturels sont des activités répandues. La grande majorité des personnes exposées dans le cadre de leur activité professionnelle travaillent dans le secteur de l'extraction. Le radon est la principale source de radioexposition dans les mines souterraines de tous types. Le tableau 5 récapitule les expositions au radon sur le lieu du travail.

Tableau 5  
Exposition au radon sur le lieu du travail

Lieu de travail	Nombre de travailleurs (en millions)	Dose collective (hSv)	Dose efficace moyenne (mSv)
Mines de charbon	6,9	16 560	2,4
Autres types de mines <sup>a</sup>	4,6	13 800	3,0
Autres	1,25	6 000	4,8
<b>Moyenne pondérée</b>			<b>2,9</b>

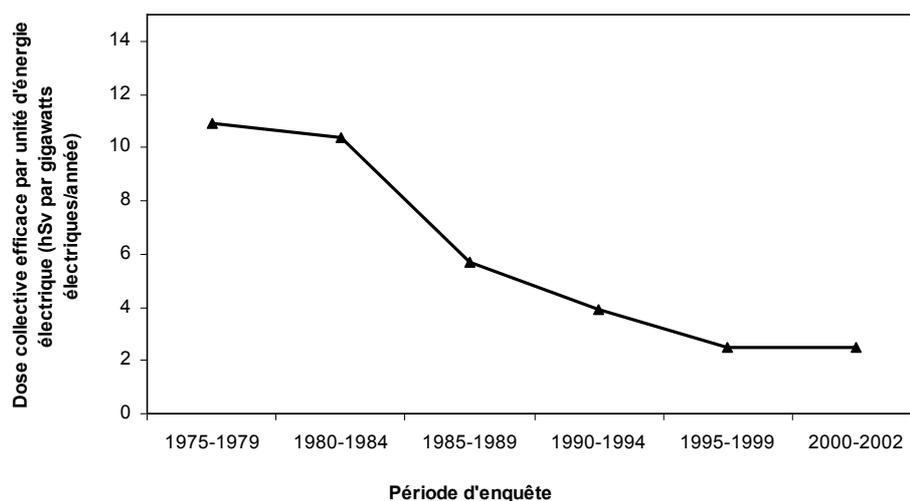
<sup>a</sup> A l'exception des mines d'uranium.

56. La dose collective annuelle aux membres du personnel navigant est d'environ 900 hSv. La dose efficace annuelle moyenne se situerait entre 2 et 3 mSv. Des bilans dosimétriques ont également été communiqués concernant un certain nombre de missions spatiales. Les doses signalées pour des missions spatiales de courte durée étaient comprises entre 1,9 et 27 mSv.

57. La dose collective annuelle aux travailleurs dans le cycle du combustible nucléaire serait d'environ 800 hSv. Pour l'ensemble du cycle du combustible, la dose efficace moyenne annuelle serait d'environ 1,0 mSv. La dose moyenne annuelle aux travailleurs du cycle du combustible nucléaire soumis à surveillance a diminué progressivement depuis 1975, passant de 4,4 mSv à 1,0 mSv. Cette diminution est essentiellement due à une réduction importante de l'extraction de minerai d'uranium et à l'emploi de techniques d'extraction plus perfectionnées; dans le même temps, l'exposition professionnelle totale dans les centrales nucléaires commerciales divisée par l'énergie produite a aussi diminué constamment au cours des 30 dernières années (voir fig. IX).

Figure IX

**Dose collective annuelle professionnelle dans les réacteurs par unité d'énergie électrique produite, 1975-2002**



58. Entre 1975 et 1989, la dose efficace collective, exprimée en moyenne annuelle sur les périodes de cinq ans pour toutes les opérations du cycle du combustible nucléaire s'est peu écartée de la valeur moyenne de 2 500 hSv, bien que la production électronucléaire ait été multipliée par trois ou quatre. L'énergie générée a continué à augmenter, mais la dose efficace collective annuelle moyenne a diminué de près de moitié, passant de 1 400 hSv pendant la période 1990-1994 à 800 hSv pendant la période 2000-2002.

59. La dose collective annuelle reçue par les travailleurs qui utilisent des rayonnements à des fins médicales est estimée à environ 3 540 hSv; la dose efficace annuelle moyenne est de 0,5 mSv environ. La dose annuelle moyenne reçue par ceux qui font l'objet d'un suivi a été multipliée par 1,7 entre 1994 et 2002. Toutefois, ceux qui participent à des procédures interventionnelles reçoivent des doses efficaces élevées, les doses aux extrémités pouvant atteindre les limites réglementaires. Le nombre de procédures interventionnelles ayant sensiblement augmenté, le nombre de travailleurs qui utilisent des rayonnements à des fins médicales a été multiplié par sept entre 1975 et 2002. On estime à 7,4 millions environ leurs effectifs en 2002.

60. La dose collective annuelle reçue par les travailleurs qui utilisent des rayonnements à des fins industrielles est estimée à 289 hSv environ et la dose efficace annuelle moyenne est de 0,3 mSv, un chiffre en baisse par rapport à 1975 (1,6 mSv). Le nombre de travailleurs qui utilisent des rayonnements à des fins industrielles a été multiplié par 1,6 entre 1975 et 2002. On estime à 0,9 million environ leurs effectifs en 2002.

61. Le tableau 6 montre l'évolution des doses efficaces annuelles moyennes dues à la radioexposition professionnelle aux cours des périodes 1980-1984, 1990-1994 et 2000-2002. On remarque la baisse des doses efficaces moyennes pour toutes les catégories d'exposition à des sources artificielles. La forte diminution constatée pour le cycle du combustible nucléaire s'explique principalement par les changements intervenus en ce qui concerne l'extraction du minerai d'uranium. Toutefois, la dose efficace moyenne globale pondérée a augmenté en raison d'une exposition accrue à des sources naturelles de rayonnement.

Tableau 6

**Évolution des doses efficaces annuelles moyennes dues à la radioexposition professionnelle, 1980-1984, 1990-1994 et 2000-2002**  
(en millisieverts)

<i>Source d'exposition</i>	<i>1980-1984</i>	<i>1990-1994</i>	<i>2000-2002</i>
Sources naturelles	..	1,8	2,9
Activités militaires	0,7	0,2	0,1
Cycle du combustible nucléaire	3,7	1,8	1,0
Usage médical	0,6	0,3	0,5
Usage industriel	1,4	0,5	0,3
Divers	0,3	0,1	0,1
<b>Moyenne pondérée</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,8</b>

**c) Exposition accidentelle**

62. Des effets aigus et précoces de radioexpositions ne se produisent qu'à la suite d'accidents (ou d'actes malveillants). Certains accidents graves ont entraîné une exposition importante de la population en raison de la dispersion de matières radioactives dans l'environnement. Dans plusieurs rapports antérieurs, le Comité a examiné un certain nombre de cas de radioexposition accidentelle, y compris des évaluations spécifiques de l'accident de Tchernobyl. Il a classé et résumé les accidents radiologiques signalés qui ont entraîné des effets aigus immédiats sur la santé, des décès ou une contamination majeure de l'environnement au cours des 60 dernières années.

63. Parmi les accidents liés au cycle du combustible nucléaire figurent un petit nombre d'accidents graves qui ont reçu une large couverture médiatique et dont les conséquences ont été décrites en détail. Entre 1945 et 2007, 38 accidents radiologiques graves se sont produits dans des installations nucléaires, dont 26 dans des installations liées à des programmes d'armement nucléaire. Sur ces 38 accidents, 34 ont fait des morts et des blessés parmi les employés, et 7 ont entraîné des rejets de matières radioactives en dehors du site et une exposition importante de la population. Sans compter l'accident de Tchernobyl en 1986 (dont il est question à la section B ci-après), les accidents liés au cycle du combustible nucléaire ont provoqué 29 décès (dont 4 par traumatisme) et 68 cas de radiolésions nécessitant des soins médicaux.

64. Des sources de rayonnements de grande taille sont souvent utilisées dans l'industrie (dispositifs d'irradiation industriels ou accélérateurs) et certaines ont été impliquées dans des accidents, généralement imputables à une erreur de l'opérateur. Les 85 accidents évoqués dans le présent rapport ont entraîné des niveaux d'exposition suffisants pour provoquer des radiolésions. D'après les informations communiquées, ils se sont soldés par 25 décès et 164 blessés.

65. Les sources orphelines sont des sources radioactives qui faisaient à l'origine l'objet d'un contrôle réglementaire, mais ont ensuite été abandonnées, perdues ou volées. Les 29 accidents graves dus à de telles sources qui ont été signalés ont provoqué des radiolésions parmi la population et entraîné la mort de 33 personnes, dont plusieurs enfants. Dans le cas de l'accident qui s'est produit à Goiânia (Brésil), en 1987, plusieurs centaines de personnes ont été contaminées.

66. En médecine des rayonnements, les accidents proviennent généralement d'erreurs dans l'administration des radiothérapies, qui ne sont souvent détectées qu'une fois que de nombreux patients ont été surexposés. Le Comité n'a examiné que 29 accidents signalés depuis 1967, qui ont fait 45 morts et 613 blessés. Il est probable que certains décès et de nombreux cas de lésions liés à l'usage médical des rayonnements n'aient pas été déclarés. Toutefois, les accidents signalés auraient fait à eux seuls plus de victimes que toutes les autres catégories d'accidents.

67. Parmi ceux ayant entraîné une radioexposition du public, l'accident de Tchernobyl, en 1986, a été de loin le plus grave. La dose collective due à cet accident est maintes fois supérieure à la dose collective cumulée due à tous les autres accidents ayant donné lieu à une exposition du public.

68. L'évolution des différents types d'accidents est très variable. Les accidents de criticité étaient plus fréquents aux débuts des programmes d'armement nucléaire.

Des incidents d'exploitation liés au cycle du combustible nucléaire se produisent sporadiquement. Apparemment, les accidents dans l'industrie et les établissements universitaires ou de recherche ont atteint leur maximum à la fin des années 1970, et ont diminué depuis, seuls quelques accidents isolés s'étant produits dans l'industrie depuis 2000. Le transport civil de matières radioactives dans le monde entier, qui est très développé depuis de nombreuses années, n'a jamais causé de radiolésion. Les accidents liés aux sources orphelines et à l'usage médical des rayonnements ont augmenté au cours des dernières périodes, et il est possible que les données les concernant ne soient pas exhaustives.

**d) Comparaison des expositions**

69. Bien que, comme il ressort des données présentées, les doses varient considérablement selon l'endroit, le groupe, le niveau des services de santé, etc., il est utile – et habituel – de présenter les résultats sous la forme de chiffres mondiaux (voir tableau 1 plus haut). L'exposition au rayonnement naturel n'évolue pas beaucoup avec le temps, même si l'exposition individuelle, notamment au radon, peut varier considérablement. L'un des changements les plus marquants de la dernière décennie est la nette augmentation de l'exposition médicale, due notamment à l'usage toujours plus fréquent de la tomodensitométrie, si bien que dans plusieurs pays, cette exposition est maintenant supérieure à celle imputable aux sources naturelles de rayonnement. Les doses résiduelles provenant des essais atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl continuent à diminuer lentement. Bien que, rapportée à l'ensemble de la population, l'exposition professionnelle soit faible, son niveau estimé a nettement augmenté avec la prise en compte de l'exposition aux radionucléides naturels dans l'industrie extractive. Les doses imputables au cycle du combustible nucléaire restent très faibles malgré la progression de ce secteur.

**B. Accident de Tchernobyl**

70. L'accident survenu en 1986 à la centrale nucléaire de Tchernobyl, dans l'ex-Union soviétique, est le plus grave de l'histoire de l'industrie nucléaire civile. Deux travailleurs sont décédés immédiatement après l'accident, 134 membres du personnel de la centrale et des équipes de secours ont souffert du syndrome d'irradiation aiguë et 28 en sont morts. Par la suite, plusieurs centaines de milliers de travailleurs ont participé aux opérations de relèvement.

71. L'accident a entraîné l'émission non contrôlée de matières radioactives dans l'environnement la plus importante jamais enregistrée pour une opération civile. De grandes quantités de substances radioactives ont été rejetées dans l'atmosphère pendant une dizaine de jours. Le nuage radioactif produit par l'accident s'est dispersé sur l'ensemble de l'hémisphère Nord et a déposé des quantités importantes de matières radioactives sur de vastes régions de l'ex-Union soviétique et d'autres parties de l'Europe, contaminant la terre, l'eau, la flore et la faune, et entraînant des perturbations sociales et économiques particulièrement graves au sein de vastes groupes de la population du Bélarus, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine. Deux radionucléides, l'iode 131, dont la période radioactive est courte (8 jours) et le césium 137, dont la période est longue (30 ans) ont délivré des doses particulièrement importantes à la population. Toutefois, ces doses ont été

sensiblement différentes pour les deux radionucléides: jusqu'à plusieurs grays dans les semaines suivant l'accident dans le cas des doses à la thyroïde imputables à l'iode 131 contre quelques centaines de millisieverts au cours des quelques années suivantes dans le cas des doses au corps entier imputables au césium 137.

72. La contamination du lait frais par l'iode 131 et l'absence de mesures de protection rapides se sont traduites par des doses à la thyroïde élevées, surtout chez les enfants, dans l'ex-Union soviétique. À plus long terme, en raison surtout du radiocésium, la population a également subi une exposition externe due à la radioactivité déposée et une exposition interne consécutive à la consommation d'aliments contaminés. Toutefois, les doses à long terme étaient relativement faibles (la dose supplémentaire moyenne sur la période 1986-2005 dans les "zones contaminées"<sup>12</sup> du Bélarus, de la Fédération de Russie et de l'Ukraine a été de 9 mSv, soit à peu près l'équivalent de la dose due à une tomographie médicale) et ne devraient pas avoir d'effet important sur la santé de la population. Il n'en reste pas moins que les graves perturbations causées par l'accident ont eu des incidences sociales et économiques majeures et plongé les populations concernées dans un grand désarroi.

73. Depuis l'accident, la communauté internationale a déployé des efforts sans précédent pour évaluer l'ampleur et les caractéristiques de ses effets radiologiques sur la santé. De nombreuses initiatives ont été lancées, notamment par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission européenne, pour mieux comprendre les conséquences de l'accident et aider à les atténuer. Les résultats de ces initiatives ont été récapitulés lors d'une conférence internationale intitulée "Dix ans après Tchernobyl: récapitulation des conséquences de l'accident", qui a été organisée à Vienne du 8 au 12 avril 1996 par l'OMS, l'AIEA et la Commission européenne, en coopération avec l'ONU, le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques. Les conclusions tirées dans les évaluations scientifiques internationales quant à l'ampleur et aux caractéristiques des conséquences de l'accident étaient largement similaires.

74. Le Comité a examiné pour la première fois les conséquences radiologiques initiales de l'accident dans son rapport pour 1988<sup>13</sup>. Dans son rapport pour 2000, il a décrit en détail la situation d'après les données disponibles à l'époque. Depuis la publication de ce rapport, huit organisations et organes du système des Nations Unies<sup>14</sup> (y compris le Comité) et les trois États concernés ont lancé le Forum de

<sup>12</sup> Les "zones contaminées" ont été arbitrairement définies dans l'ex-Union soviétique comme étant les régions où le niveau d'activité du césium 137 dans le sol dépassait 37 kBq/m<sup>2</sup>.

<sup>13</sup> *Documents officiels de l'Assemblée générale, quarante-troisième session, Supplément n° 45 (A/43/45)*.

<sup>14</sup> Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Bureau de la coordination des affaires humanitaires, Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, FAO, OMS, Banque mondiale et AIEA.

Tchernobyl pour élaborer des déclarations consensuelles faisant autorité sur les conséquences environnementales et sanitaires de l'exposition aux rayonnements et fournir des conseils sur des questions telles que la restauration de l'environnement, les programmes de soins de santé spéciaux et les activités de recherche. Les travaux du Forum ont été évalués lors d'une conférence internationale intitulée "Chernobyl – looking back to go forwards: towards a United Nations consensus on the effects of the accident and the future" ("Tchernobyl – Retour sur le passé pour aller de l'avant: vers un consensus des Nations Unies sur les effets de l'accident et l'avenir"), qui s'est tenue à Vienne, les 6 et 7 septembre 2005. À cette conférence, toutes les évaluations antérieures concernant l'ampleur et les caractéristiques des conséquences radiologiques de l'accident sur la santé ont été largement confirmées.

75. La présente évaluation du Comité a pour objectif de dresser un bilan précis et fiable des effets sanitaires observés à ce jour qui sont imputables à la radioexposition consécutive à l'accident et de clarifier les projections des effets potentiels en tenant compte des niveaux, des tendances et des caractéristiques des doses reçues par les populations exposées. À cette fin, le Comité a examiné les informations obtenues depuis la publication de son rapport pour 2000 et vérifié que les observations ne remettaient pas en question les hypothèses utilisées précédemment pour évaluer les conséquences radiologiques. Il a également reconnu que certains détails restés en suspens méritaient d'être examinés plus à fond et qu'il devait poursuivre ses efforts visant à fournir les éléments scientifiques pour une meilleure compréhension des effets radiologiques de l'accident sur la santé et l'environnement.

76. Bien que l'on dispose maintenant d'une somme considérable de nouvelles données scientifiques, les principales conclusions relatives à l'ampleur et à la nature des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl sont pour l'essentiel conformes à celles des rapports du Comité pour 1988 et 2000:

a) Au total, 134 membres du personnel de la centrale et des équipes de secours ont reçu des doses de rayonnement élevées entraînant un syndrome d'irradiation aiguë. Nombre d'entre eux ont également souffert de lésions cutanées dues à l'irradiation bêta;

b) Ces fortes doses ont entraîné la mort de 28 de ces personnes dans les premiers mois de l'accident;

c) En 2006, 19 des personnes qui avaient survécu au syndrome d'irradiation aiguë étaient décédées, mais les causes de décès étaient diverses et n'étaient généralement pas liées à l'exposition aux rayonnements;

d) Les lésions cutanées et les cataractes radio-induites étaient les séquelles les plus fréquentes chez les survivants au syndrome;

e) Outre les membres des équipes de secours, plusieurs centaines de milliers de personnes ont participé aux opérations de relèvement mais, même si l'on dispose d'indications selon lesquelles l'incidence des leucémies et des cataractes a augmenté chez les personnes ayant reçu les doses les plus fortes, il n'existe pas à ce jour de données concordantes qui mettraient en évidence des effets sanitaires pouvant être attribués à l'exposition aux rayonnements;

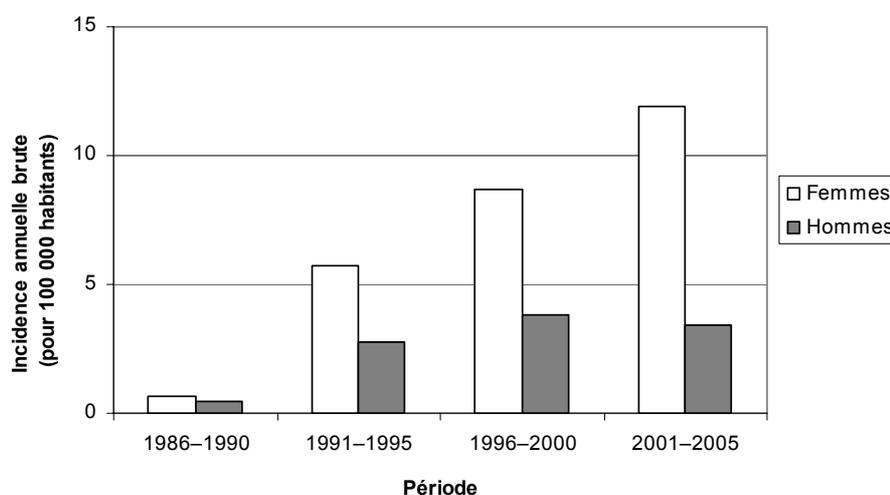
f) Parmi les personnes non encore adultes en 1986 qui ont subi une radioexposition consécutive à l'accident, on a observé une hausse sensible de

l'incidence des cancers de la thyroïde au Bélarus, en Ukraine et dans quatre des régions les plus touchées de la Fédération de Russie. Entre 1991 et 2005, plus de 6 000 cas ont été signalés, dont une proportion importante peut être attribuée à la consommation en 1986 de lait contaminé à l'iode 131. Bien que l'incidence des cancers de la thyroïde continue à augmenter dans ce groupe (la figure X indique les tendances au Bélarus), jusqu'en 2005, seuls 15 cas ont été mortels;

g) En ce qui concerne le public, on ne dispose pas à ce jour de données concordantes mettant en évidence tout autre effet sanitaire pouvant être attribué à l'exposition aux rayonnements.

Figure X

**Incidence du cancer de la thyroïde parmi les habitants du Bélarus qui étaient enfants ou adolescents lors de l'accident de Tchernobyl, 1986-1990, 1991-1995, 1996-2000 et 2001-2005**



77. Bien que des prévisions basées sur des modèles aient été publiées au sujet de l'augmentation possible de l'incidence des cancers solides dans la population en général, pour tous les groupes de population considérés, les doses sont relativement faibles et comparables à celles qui résultent de l'exposition au fond de rayonnement naturel. Le Comité a décidé de ne pas utiliser de modèles pour obtenir des chiffres absolus concernant les effets sur des populations faiblement exposées en raison des incertitudes inacceptables que comportent ces prévisions. Toutefois, il est d'avis qu'il convient de continuer à surveiller la situation.

78. Sur la base des études effectuées depuis 20 ans, il est possible de confirmer les conclusions du rapport du Comité pour 2000. En résumé, le risque de subir des effets radio-induits est plus élevé pour les personnes qui, enfants, ont été exposées aux rejets d'iode radioactif de l'accident de Tchernobyl, et pour les membres des équipes de secours et de relèvement qui ont reçu des doses élevées. La plus grande partie de la population locale a été exposée à un rayonnement de faible intensité équivalant à une fois ou plusieurs fois le fond de rayonnement naturel annuel et ne doit pas craindre de conséquences graves pour sa santé.

79. Le Comité estime que sa dernière évaluation constitue une référence importante qui permettra au Coordonnateur des Nations Unies pour la coopération internationale pour Tchernobyl, comme l'a demandé l'Assemblée générale au paragraphe 16 de sa résolution 62/9 en date du 20 novembre 2007, de continuer à poursuivre, en collaboration avec les Gouvernements biélorussien, russe et ukrainien, ses travaux concernant l'organisation d'une étude plus poussée des conséquences sanitaires, environnementales et socioéconomiques de la catastrophe de Tchernobyl, conformément aux recommandations du Forum sur Tchernobyl, et de faire en sorte que les populations locales soient mieux informées.

### **C. Effets sur les organismes vivants non humains**

80. Toutes les espèces présentes sur Terre vivent et évoluent depuis toujours dans des milieux où elles sont exposées à un fond de rayonnement naturel. Depuis peu, toutefois, elles sont également exposées à des sources artificielles de rayonnement, comme les retombées mondiales des essais nucléaires atmosphériques et, dans certaines régions, la libération contrôlée de radionucléides ou le rejet accidentel de matières radioactives.

81. Dans son rapport pour 1996<sup>15</sup>, le Comité a évalué les doses et les débits de dose en-dessous desquels un impact sur les populations d'organismes vivants non humains était improbable. Il a estimé que la mortalité, la fécondité, la fertilité et l'induction de mutations étaient les domaines dans lesquels les réactions individuelles à une radioexposition pouvaient avoir un impact au niveau de la population. Il a également estimé que les changements sur le plan de la reproduction étaient un indicateur plus sensible des effets des rayonnements que la mortalité, et que les mammifères étaient les organismes animaux les plus sensibles. Sur cette base, le Comité a calculé les débits de dose reçus par les individus les plus exposés qui n'auraient probablement pas d'effet important sur la plupart des populations.

82. Depuis lors, de nouvelles données sur les effets des rayonnements ionisants ont été tirées des observations effectuées sur les organismes vivants non humains à proximité du site de Tchernobyl. Diverses organisations ont procédé à une analyse approfondie des travaux scientifiques publiés et, dans certains cas, élaboré de nouvelles approches pour évaluer les effets potentiels sur ces organismes. Un éventail très large de points fins et de niveaux d'effets correspondants sont présentés dans les travaux publiés, et la façon dont différents chercheurs évaluent ces données varie aussi considérablement. Le tableau 7 résume brièvement les données pertinentes pour différentes catégories agrégées d'organismes.

---

<sup>15</sup> *Documents officiels de l'Assemblée générale, cinquante et unième session, Supplément n° 46 (A/51/46).*

Tableau 7  
**Quelques effets des rayonnements ionisants sur certaines catégories  
d'organismes vivants non humains**

<i>Débit de dose chronique (milligrays par heure)</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Effet</i>	<i>Point final</i>
0,1 à 1	Plantes	Chute des aiguilles de pin; réduction du nombre d'herbacées	Mortalité, morbidité
	Poissons	Réduction de la production de sperme, frai tardif	Altération de la reproduction
0,1 environ	Mammifères	Aucun dommage final n'a été décrit	Mortalité, morbidité, altération de la reproduction

83. Globalement, le Comité a conclu que rien ne justifiait une modification des conclusions de son rapport pour 1996 selon lesquelles il est peu probable que des débits de dose chroniques inférieurs à 0,1 milligray par heure reçus par les individus les plus exposés aient des effets significatifs sur la majorité des communautés terrestres et que des débits de dose chroniques inférieurs à 0,4 milligrays par heure reçus par un individu dans une population d'organismes aquatiques aient des effets délétères au niveau de la population. Pour les expositions aiguës, les études effectuées après l'accident de Tchernobyl ont confirmé que des effets importants sur les organismes vivants non humains étaient peu probables à des doses inférieures à 1 gray environ.

84. Depuis la publication du rapport du Comité pour 1996, on a beaucoup fait pour analyser les données et améliorer les méthodes permettant d'évaluer les voies par lesquelles les organismes vivants sont exposés aux rayonnements dans leur environnement. De nombreuses améliorations ont également été apportées en ce qui concerne l'évaluation des doses reçues par ces organismes. Il est important de noter qu'il reste encore de nombreuses possibilités d'améliorer les connaissances et les méthodes dans ces domaines. Une meilleure connaissance de ces aspects permettra de mieux comprendre la relation entre les niveaux de rayonnement et de radioactivité dans l'environnement et les effets potentiels sur les organismes vivants.

## Appendice I

### Liste des membres des délégations nationales aux cinquantième à cinquante-sixième sessions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, au cours desquelles le rapport scientifique pour 2008 a été élaboré

Allemagne	W. Weiss (Représentant), A. Friedl, P. Jacob, A. Kellerer, J. Kiefer, G. Kirchner, W. Köhnlein, R. Michel, W. U. Müller, C. Streffer (Représentant)
Argentine	A. J. González (Représentant), D. Beninson (Représentant), P. Gisone (Représentant), M. del Rosario Pérez
Australie	P. A. Burns (Représentant), S. Solomon, P. Thomas
Belgique	H. Vanmarcke (Représentant), H. Bosmans, A. Debauche, H. Engels, J. Lembrechts, J. R. Maisin (Représentant), P. Smeesters, J. M. Van Dam, A. Wambersie, H. Bijwaard, R. O. Blaauboer, M. J. Brugmans
Brésil	O. Dias Gonçalves (Représentant), J. L. Lipsztein (Représentant), M. C. Lourenço, M. Nogueira Martins, D. R. Melo (Représentant), E. R. Rochedo
Canada	N. E. Gentner (Représentant), R. P. Bradley, K. Bundy, D. B. Chambers, R. M. Chatterjee (Représentant), R. J. Cornett, R. Lane, C. Lavoie, S. Vlahovich (Représentant), D. Whillans
Chine	Pan Z. (Représentant), He Q., Hou P., Jia J., Li K., Li J., Liu S., Liu Q., Lu J., Pan S., Shang B., Shi J., Su X., Sun J., Sun Q., Wang F., Xiu B., Xuan Y., Yang G., Yang H., Yang X., Yu J., Zhang J., Zhu M.
Égypte	M. A. M. Gomaa (Représentant), A. M. El-Naggar (Représentant)
États-Unis d'Amérique	F. A. Mettler Jr. (Représentant), L. R. Anspaugh, B. G. Bennett, J. D. Boice Jr., N. H. Harley, E. V. Holahan Jr., C. B. Meinhold, R. J. Preston, H. Royal, P. B. Selby, A. G. Sowder, A. Upton
Fédération de Russie	M. Kiselev (Représentant), A. Akleev, R. M. Alexakhin, T. Azizova, N. P. Garnyk, A. K. Guskova (Représentant), L. A. Ilyin (Représentant), V. K. Ivanov, K. Kotenko, I. I. Kryshev, B. K. Lobach, Y. Mokrov, O. A. Pavlovsky, T. S. Poveznikova, S. Romanov, M. N. Savkin, V. A. Shevchenko, S. Shinkarev
France	A. Flüry-Hérard (Représentant), E. Ansoborlo, A. Aurengo, D. Averbeck, M. Benderitter, M. Bourguignon, C. Forestier, J. F. Lacronique (Représentant), J. Lallemand, J. J. Leguay, C. Luccioni, R. Maximilien, A. Rannou, M. Tirmarche
Inde	K. B. Sainis (Représentant)
Indonésie	Z. Alatas (Représentant), K. Wiharto (Représentant)

Japon	O. Niwa (Représentant), Y. Yonekura (Représentant), T. Asano, M. Doi, Y. Ishikuro, A. Iwama, K. Kodama, H. Kuniyoshi, T. Maeyama, M. Nakano, Y. Nakayama, S. Saigusa, K. Sakai, M. Sasaki, Y. Sasaki (Représentant), K. Sato, G. Suzuki, H. Tatsuzaki, S. Yoshinaga, M. Yoshizawa
Mexique	H. Maldonado (Représentant)
Pérou	L. V. Pinillos Ashton (Représentant)
Pologne	M. Waligórski (Représentant), L. Dobrzyński, M. Janiak, Z. Jaworowski (Représentant)
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	R. Cox (Représentant), S. Bouffler, R. H. Clarke (Représentant), J. Cooper, S. Ebdon-Jackson, G. M. Kendall, T. McMillan, C. Muirhead, R. Paynter, P. Shrimpton, J. W. Stather
Slovaquie	E. Bédi (Représentant), P. Gaál, V. Klener, P. Ragan, L. Tomášek, D. Viktory (Représentant), I. Zachariášová
Soudan	A. Elgaylani (Représentant), K. E. H. Mohamed (Représentant)
Suède	C. M. Larsson (Représentant), A. Almén, L. E. Holm (Représentant), L. Moberg

#### **Secrétariat du Comité**

N. E. Gentner (cinquantième à cinquante-deuxième sessions)

M. J. Crick (cinquante-troisième à cinquante-sixième sessions)

## Appendice II

### **Personnel scientifique et consultants ayant contribué à l'établissement du rapport pour 2008 du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants**

M. Balonov

D. B. Chambers

K. Faulkner

G. Howe

G. Ibbott

G. Kirchner

D. Melo

R. Ricks

E. Rochedo

M. Stabin

G. A. M. Webb

D. Woodhead

---