



Nations Unies

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

**Soixante-troisième session
(27 juin-1^{er} juillet 2016)**

**Assemblée générale
Documents officiels
Soixante et onzième session
Supplément n° 46**

Assemblée générale
Documents officiels
Soixante et onzième session
Supplément n° 46

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

**Soixante-troisième session
(27 juin-1^{er} juillet 2016)**



Nations Unies • New York, 2016

Note

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

Table des matières

<i>Chapitre</i>	<i>Page</i>
I. Introduction	1
II. Délibérations de la soixante-troisième session du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants	2
A. Évaluations réalisées	2
B. Programme de travail actuel	3
1. Faits nouveaux survenus depuis le rapport établi par le Comité scientifique en 2013 sur les niveaux et les effets de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'accident nucléaire consécutif au séisme et au tsunami majeurs qui ont frappé l'est du Japon.	3
2. Épidémiologie des cancers causés par l'exposition à de faibles débits de dose provenant du rayonnement ambiant.	4
3. Plusieurs évaluations sur les effets et les risques sanitaires de l'exposition aux rayonnements.	4
4. Collecte de données sur les expositions aux rayonnements, en particulier les expositions médicales et professionnelles.	5
5. Activités de sensibilisation.	5
C. Orientations stratégiques à long terme	6
D. Programme de travail futur	8
E. Questions administratives	8
III. Rapport scientifique	9
A. Méthode d'estimation de l'exposition du public due aux rejets radioactifs	9
B. Exposition aux rayonnements due à la production d'électricité	10
C. Effets biologiques de certains émetteurs internes.	14
 Appendices	
I. Liste des membres des délégations nationales aux cinquante-septième à soixante-troisième sessions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants	17
II. Personnel scientifique et consultants ayant contribué à l'établissement du rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants pour 2016.	19

Chapitre I

Introduction

1. 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 évalue de manière générale les sources de rayonnements ionisants et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement¹. Dans le cadre de son mandat, il étudie et évalue de manière approfondie l'exposition aux rayonnements ionisants aux niveaux mondial et régional. Il évalue également leurs effets sur la santé des groupes exposés, ainsi que les progrès réalisés dans la compréhension des mécanismes biologiques pouvant conduire à des effets radio-induits sur la santé humaine ou sur les espèces non humaines (faune, flore). Ces évaluations constituent les fondements scientifiques sur lesquels s'appuient notamment les institutions compétentes des Nations Unies pour formuler, aux fins de la radioprotection du public, des travailleurs et des patients², des normes internationales qui influencent, à leur tour, d'importants textes juridiques et réglementaires.

2. L'exposition aux rayonnements ionisants est due à des sources naturelles (sources provenant de l'espace ou émanations de radon issues de roches terrestres, par exemple) ou artificielles (procédures de diagnostic médical et de radiothérapie, matières radioactives résultant d'essais d'armes nucléaires, production d'électricité, notamment au moyen de l'énergie nucléaire, événements imprévus comme l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986 et celui ayant suivi le séisme et le tsunami majeurs qui ont frappé l'est du Japon en mars 2011, et activités professionnelles pouvant donner lieu à une exposition accrue à des rayonnements ionisants de sources artificielles ou naturelles, par exemple).

¹ Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants a été créé par l'Assemblée générale à sa dixième session, en 1955. Son mandat est défini dans la résolution 913 (X). Le Comité comprenait à l'origine les États Membres suivants: Argentine, Australie, Belgique, Brésil, Canada, Égypte, États-Unis d'Amérique, France, Inde, Japon, Mexique, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Suède, Tchécoslovaquie (à laquelle la Slovaquie a succédé) et Union des Républiques socialistes soviétiques (à laquelle la Fédération de Russie a succédé). Par sa résolution 3154 C (XXVIII) du 14 décembre 1973, l'Assemblée a élargi la composition du Comité, où sont entrés les États suivants: Indonésie, Pérou, Pologne, République fédérale d'Allemagne (à laquelle l'Allemagne a succédé) et Soudan. Par sa résolution 41/62 B du 3 décembre 1986, l'Assemblée a porté la composition du Comité à un maximum de 21 membres et a invité la Chine à en faire partie. Par sa résolution 66/70 du 9 décembre 2011, elle a décidé une nouvelle augmentation portant à 27 le nombre d'États membres du Comité et a invité le Bélarus, l'Espagne, la Finlande, le Pakistan, la République de Corée et l'Ukraine à en devenir membres.

² Par exemple, les Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements, actuellement coparrainées par l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques, la Commission européenne, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Organisation internationale du Travail, l'Organisation mondiale de la Santé, l'Organisation panaméricaine de la santé et le Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Chapitre II

Délibérations de la soixante-troisième session du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants

3. Le Comité a tenu sa soixante-troisième session à Vienne du 27 juin au 1^{er} juillet 2016³. Le Bureau était composé comme suit: Yoshiharu Yonekura (Japon), Président; John Hunt (Brésil), Peter Jacob (Allemagne) et Hans Vanmarcke (Belgique), Vice-Présidents; et Michael Waligórski (Pologne), Rapporteur.

4. Le Comité a pris note de la résolution 70/81 de l'Assemblée générale sur les effets des rayonnements ionisants. Il a rappelé qu'il avait prévu de rendre compte de ses orientations stratégiques à long terme allant au-delà de la période couverte par son plan stratégique actuel (2014-2019), de façon à éclairer les futures délibérations de l'Assemblée sur le nombre de membres du Comité.

A. Évaluations réalisées

5. Le Comité a examiné dans le détail quatre évaluations de fond, adopté le rapport scientifique établi sur la base des conclusions de ces évaluations (voir chapitre III) et demandé que les annexes scientifiques soient publiées comme à l'accoutumée, sous réserve des modifications convenues.

6. À sa cinquante-sixième session, il avait décidé d'entamer des travaux sur une nouvelle estimation de l'exposition humaine aux rayonnements ionisants due à la production d'électricité. En conséquence, il avait décidé d'examiner et d'actualiser la méthode selon laquelle il estimait l'exposition de la population aux rejets, telle qu'elle avait été publiée dans son rapport de 2000. Il a ainsi examiné l'annexe scientifique sur l'actualisation de sa méthode et les formulaires électroniques correspondants et approuvé leur publication.

7. Le Comité a rappelé que l'élaboration de l'annexe scientifique sur l'exposition aux rayonnements ionisants due à la production d'électricité avait notamment été entravée par le fait que les données disponibles sur les expositions professionnelles et sur les rejets liés à la production d'électricité d'origine non nucléaire étaient incomplètes. Les données concernant le secteur de l'énergie nucléaire étaient quant à elles abondantes, sauf pour ce qui était du démantèlement et d'autres aspects de ce que l'on appelle la partie terminale du cycle du combustible nucléaire. L'évaluation a été réalisée sur la base d'hypothèses raisonnables et transparentes lorsqu'on ne disposait pas de données précises. Les formulaires électroniques servant à mettre en œuvre la méthode avaient été utilisés en 2015 pour mener à bien, en veillant à la cohérence interne, l'évaluation de l'exposition des populations aux rayonnements ionisants due à divers modes de production d'électricité.

³ Ont participé à la soixante-troisième session du Comité des observateurs de l'Agence internationale de l'énergie atomique, de l'Organisation internationale du Travail, de l'Organisation mondiale de la Santé, de l'Union européenne, du Centre international de recherche sur le cancer, de la Commission internationale de protection radiologique et de la Commission internationale des unités et des mesures de radiation.

8. À sa cinquante-sixième session, qui s'est tenue du 10 au 18 juillet 2008, le Comité avait décidé, lors des délibérations sur son programme de travail futur, que des travaux devraient être entrepris concernant les doses de rayonnements ionisants et les risques et les effets des radionucléides incorporés. À sa cinquante-septième session, tenue du 16 au 20 août 2010, il avait en outre décidé de se concentrer sur le tritium et les radio-isotopes de l'uranium. À la session en cours, il est convenu que l'examen de la documentation existante était désormais achevé, que les informations avaient été organisées de manière rationnelle selon une structure harmonisée, et que des conclusions définitives en avaient été tirées. Le Comité a donc approuvé la publication des évaluations.

B. Programme de travail actuel

1. Faits nouveaux survenus depuis le rapport établi par le Comité scientifique en 2013 sur les niveaux et les effets de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'accident nucléaire consécutif au séisme et au tsunami majeurs qui ont frappé l'est du Japon

9. Le Comité a rappelé son évaluation des niveaux et des effets de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'accident nucléaire consécutif au séisme et au tsunami majeurs ayant frappé l'est du Japon en 2011, qu'il avait présentée dans son rapport de 2013 à la soixante-huitième session de l'Assemblée générale (A/68/46), et l'annexe scientifique détaillée qui l'étayait⁴. Dans ce rapport, il avait conclu que, de manière générale, les doses en cause étaient faibles et que par conséquent les risques connexes avaient également des chances d'être faibles. Les taux de cancer devaient rester stables. Toujours dans ce rapport, le Comité avait néanmoins noté que le risque de cancer de la thyroïde chez les enfants les plus exposés aux rayonnements ionisants pourrait augmenter. Cependant, il avait aussi noté que la probabilité qu'un grand nombre de cancers de la thyroïde dus aux rayonnements se déclarent dans la préfecture de Fukushima, comme cela s'était produit après l'accident de Tchernobyl, pouvait être écartée étant donné que les doses absorbées au niveau de la thyroïde après l'accident de Fukushima étaient sensiblement inférieures. Il avait conclu qu'aucun changement notable dans la fréquence des anomalies congénitales et des maladies héréditaires n'était à attendre, et que les effets sur les écosystèmes terrestres et marins seraient transitoires et localisés. Les taux de cancer chez les travailleurs devaient rester stables.

10. Après avoir établi son évaluation, le Comité a pris des dispositions en matière de suivi afin de se tenir au courant des informations supplémentaires pertinentes au fur et à mesure qu'elles seraient publiées. Le rapport de sa soixante-deuxième session, dont l'Assemblée générale a été saisie à sa soixante-dixième session, comprenait les conclusions des activités de suivi qu'il avait menées jusqu'alors.

11. Le Comité a continué de recenser les nouvelles informations qui avaient été rendues publiques avant la fin de 2015, et il a étudié de façon systématique les nouvelles publications sur le sujet afin d'évaluer leurs incidences pour son rapport de 2013. Le rapport de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) sur l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi⁵ constitue une

⁴ Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.14.IX.1.

⁵ Agence internationale de l'énergie atomique, *L'accident de Fukushima Daiichi: Rapport du Directeur général* (GC(59)/14), accompagné des volumes techniques 1 à 5.

publication notable à cet égard. Il décrit l'accident et ses causes, son évolution et ses conséquences sur la base d'une évaluation de données et d'informations provenant de nombreuses sources disponibles au moment de sa rédaction. Ce rapport ainsi qu'une grande partie des documents nouvellement publiés confirment les principales hypothèses et conclusions figurant dans le rapport de 2013 du Comité. Aucune des publications ne remet véritablement en cause les grandes conclusions de ce rapport ni ne contredit ses hypothèses centrales. On a déterminé que plusieurs publications nécessitaient des analyses plus poussées ou des recherches supplémentaires plus probantes. Sur la base des documents examinés, le Comité n'a pas jugé nécessaire, à l'heure actuelle, d'apporter de modifications à ses conclusions générales. Cependant, plusieurs des éléments dont il avait estimé qu'ils appelaient des travaux de recherche n'avaient pas encore été étudiés à fond par les milieux scientifiques.

12. Le Comité a l'intention de continuer à recenser et à analyser systématiquement les nouvelles informations rendues publiques sur l'accident et à en évaluer périodiquement les incidences à ses sessions annuelles. Il prévoit également de collaborer activement avec les personnes chargées de formuler, de mettre en œuvre et de donner des avis sur les grands programmes de recherche en cours au Japon, afin de prendre rapidement la mesure des nouvelles problématiques et de mettre en évidence les questions nécessitant des recherches complémentaires. Le moment venu, en fonction des résultats, le Comité examinera s'il y a lieu d'actualiser son rapport de 2013.

13. Le Comité a demandé au secrétariat de rendre compte, sous réserve des ressources disponibles, des conclusions de son examen des nouveaux articles scientifiques sur le sujet dans une publication des Nations Unies en anglais non destinée à la vente, et de promouvoir sa traduction en japonais.

2. Épidémiologie des cancers causés par l'exposition à de faibles débits de dose provenant du rayonnement ambiant

14. Le Comité a examiné l'état d'avancement d'une évaluation portant sur les études épidémiologiques consacrées à l'incidence du cancer causé par l'exposition à de faibles débits de dose provenant de sources environnementales. Il a constaté que ces travaux scientifiques avaient considérablement progressé. Il s'est félicité de l'élaboration à son intention d'un appendice sur les critères de qualité à appliquer lors de l'examen des études épidémiologiques. Il a demandé que l'examen scientifique se fasse désormais conformément aux critères de qualité. Il a également demandé que l'appendice soit mis en forme pour être publié en tant qu'annexe indépendante considérant l'application plus large qui pouvait en être faite, et espéré qu'il pourrait approuver l'examen et les critères de qualité pour publication à sa soixante-quatrième session.

3. Plusieurs évaluations sur les effets et les risques sanitaires de l'exposition aux rayonnements

15. Le Comité a examiné l'état d'avancement des évaluations de certains effets et risques sanitaires de l'exposition aux rayonnements ionisants. Quatre sujets ont été proposés pour évaluation sur la base des critères convenus et des examens préliminaires de la documentation existante: la leucémie consécutive à une exposition à de faibles doses; le risque de cancer solide consécutif à une exposition aiguë et prolongée; le risque de cancer de la thyroïde consécutif à une exposition pendant l'enfance ou l'adolescence; et le risque de maladies cardiovasculaires

consécutives à une exposition aiguë et prolongée. Le Comité a espéré que les évaluations seraient menées conformément aux critères de qualité qu'il appliquait pour l'examen des études épidémiologiques, et qu'il pourrait être saisi de versions préliminaires de ces évaluations à sa soixante-quatrième session.

4. Collecte de données sur les expositions aux rayonnements, en particulier les expositions médicales et professionnelles

16. Le Comité a pris note d'un rapport d'étape du secrétariat sur la collecte, l'analyse et la diffusion de données sur les expositions aux rayonnements, en particulier les expositions médicales et professionnelles. Il s'est félicité que l'Assemblée générale, dans sa résolution 70/81, ait encouragé les États Membres à désigner un correspondant national chargé de faciliter la coordination de la collecte et la présentation de données concernant l'exposition du public, des travailleurs et des patients. Lors de la soixante-troisième session du Comité, 51 États Membres avaient déjà désigné des correspondants nationaux.

17. En 2014, le secrétariat avait créé une plate-forme en ligne de collecte de données sur l'exposition médicale et invité tous les États Membres à prendre part à l'enquête mondiale du Comité sur l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins médicales et l'exposition qui en résultait. Lors des préparatifs de cette enquête, il avait encouragé une coopération étroite avec l'AIEA, l'Organisation mondiale de la Santé et l'Association internationale pour la protection contre les rayonnements. Vingt pays avaient soumis leurs premières données sur l'exposition médicale, mais tous n'avaient pas fourni des informations complètes. En raison du taux de réponse relativement faible enregistré jusqu'à présent et des retards engendrés par l'évolution de la plate-forme administrative et financière de l'ONU (Umoja), la date limite pour la communication des données allait être prolongée jusqu'en mai 2017. Le Comité a prié le secrétariat d'établir, pour qu'il l'examine à sa soixante-quatrième session, une première évaluation des résultats de l'enquête comprenant un examen détaillé de la documentation existante. Il l'a aussi prié d'accélérer la réalisation de l'enquête sur l'exposition professionnelle, en encourageant une coopération étroite avec l'Organisation internationale du Travail et d'autres organismes compétents, et d'entamer des travaux approfondis sur la définition de l'exposition du public à des sources naturelles et artificielles de rayonnements ionisants et la collecte de données sur le sujet.

5. Activités de sensibilisation

18. Le Comité a pris note d'un rapport d'étape du secrétariat sur les activités de sensibilisation. Il a salué en particulier ce qui avait été fait au Japon pour diffuser son rapport de 2013 sur les niveaux et les effets de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi ainsi que le livre blanc sur l'évolution de la situation depuis ce rapport. Il a noté que l'Assemblée générale avait encouragé le secrétariat à continuer de diffuser ses conclusions auprès du public. Il a également salué les activités de sensibilisation menées en rapport avec le soixantième anniversaire de sa création, le trentième anniversaire de l'accident de Tchernobyl et le cinquième anniversaire de l'accident nucléaire survenu au Japon. Une version actualisée de la brochure du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) sur les effets et les sources des rayonnements ionisants, qui est conçue comme un guide scientifique de base destiné au grand public, a été publiée en anglais et pourrait être traduite dans d'autres

langues. Le secrétariat avait également préparé, dans un souci pratique, une clef USB sur laquelle il avait téléchargé l'ensemble des publications du Comité et des résolutions relatives à ses activités, dans toutes les langues officielles de l'Organisation des Nations Unies disponibles.

19. Pour commémorer le sixantième anniversaire du Comité, le maire et gouverneur de Vienne a invité à l'hôtel de ville des personnalités, des scientifiques et des diplomates. Le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies, Ban Ki-moon, a adressé pour l'occasion un message vidéo dans lequel il déclare: "Que ce soit pour mesurer l'importance des retombées radioactives dans les années 1950 ou pour évaluer les effets des rayonnements ionisants sur le génome humain aujourd'hui, le Comité a toujours adopté une approche indépendante et impartiale, comme l'exigent ces questions qui sont souvent très sensibles et matière à polémique". D'autres intervenants ont lu des messages au nom des chefs de leurs organisations, notamment de ceux de l'Organisation mondiale de la Santé, de l'AIEA, de la Commission préparatoire de l'Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires et du PNUE, qui y félicitaient le Comité pour les compétences et l'indépendance dont il faisait preuve dans ses examens scientifiques, y saluaient les efforts qu'il déployait pour diffuser ses conclusions scientifiques auprès d'un public plus large et l'y encourageaient à faire encore davantage à cet égard.

C. Orientations stratégiques à long terme

20. Le Comité a examiné ses orientations stratégiques à long terme allant au-delà de la période couverte par son plan stratégique actuel (2014-2019). Il a pris note du rapport du Secrétaire général à la soixante-neuvième session de l'Assemblée générale sur l'incidence de l'augmentation du nombre des membres du Comité à 27 États et les possibilités d'élargissement ultérieur (voir A/69/350). Il a également pris note de la résolution 70/81 de l'Assemblée sur les effets des rayonnements ionisants, dans laquelle celle-ci a prié le Secrétaire général de lui présenter, à sa soixante-douzième session, la liste des États qui auraient expressément manifesté leur souhait de devenir membres du Comité entre les soixante-sixième et soixante-douzième sessions.

21. Le Comité envisage d'orienter ses travaux futurs principalement sur les domaines scientifiques ci-après:

a) Améliorer l'évaluation des niveaux d'exposition des populations dans la vie de tous les jours, sur les lieux de travail, au cours de procédures médicales et à la suite d'accidents;

b) Mieux comprendre les mécanismes d'action des rayonnements et de réaction biologique à tous les niveaux de l'organisation biologique, c'est-à-dire de l'échelle moléculaire à l'échelle de la population;

c) Obtenir des preuves plus fiables concernant les effets sanitaires des rayonnements, en particulier ceux de l'exposition chronique à faible dose, et des estimations sérieuses des effets sanitaires de l'exposition des populations aux rayonnements.

22. Le Comité entend également réviser ses priorités à court ou à plus long terme et modifier en conséquence son programme de travail à chaque session en cas d'apparition rapide de nouveaux problèmes ou d'événements importants. À titre

d'exemple, il a récemment réorienté ses efforts vers une évaluation scientifique ponctuelle des niveaux et des effets de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'accident nucléaire survenu au Japon en 2011⁴.

23. Le Comité estime qu'il sera en mesure de continuer à produire des évaluations scientifiques faisant autorité dans les domaines décrits ci-dessus. Il adhère pleinement au point de vue du Secrétaire général selon lequel le but principal de tout élargissement de sa composition devrait être de renforcer sa capacité de mener ses travaux scientifiques. Il estime qu'une limite existe au nombre d'États membres (une trentaine), dont son secrétariat, vu sa taille actuelle, pourrait raisonnablement s'accommoder sans que sa capacité de soutenir ses travaux scientifiques ne soit compromise. Un nombre d'États membres supérieur exigerait un nouveau renforcement des ressources humaines du secrétariat (voir par. 35 et 40 du document A/69/350).

24. Le Comité considère donc que toute discussion sur sa composition devrait porter avant tout sur sa capacité de continuer à produire des évaluations scientifiques faisant autorité, et sur la capacité de son secrétariat de lui apporter son concours à cet égard. Toutefois, étant donné que le fonds de données scientifiques ne cesse d'augmenter, il peut être nécessaire de mettre au point un ensemble de stratégies pour aider le Comité à servir la communauté scientifique ainsi qu'un public plus large. Ces stratégies pourraient également permettre de faire participer aux travaux du Comité, en plus de ses membres, des scientifiques d'États qui n'en sont pas membres. Des arrangements de ce type ont déjà été mis en place, ils ont eu des répercussions positives sur ses travaux et n'ont augmenté la charge de travail du secrétariat que de façon mineure ou négligeable.

25. Tout en reconnaissant qu'il importe de faire intervenir tous les États membres dans la mise en œuvre de ses stratégies, dans ses futures délibérations et dans la production de documents scientifiques, entre autres, et tout en tenant dûment compte des ressources disponibles, le Comité pourrait envisager de prendre les mesures suivantes au titre des stratégies mentionnées au paragraphe ci-dessus:

a) Créer des groupes de travail permanents spécialisés dans des domaines tels que les sources de rayonnements ionisants et l'exposition qui en résulte ou leurs effets sur la santé et l'environnement;

b) Inviter, de manière ponctuelle, des scientifiques d'autres États Membres de l'Organisation des Nations Unies à participer à des évaluations concernant les domaines susmentionnés;

c) Accroître les efforts déployés par le Comité pour présenter de manière attrayante pour le lecteur ses évaluations et les résumés qui en découlent, sans en compromettre la rigueur et l'intégrité scientifiques;

d) Tout en restant la principale entité à produire à l'intention de l'Assemblée générale des évaluations scientifiques faisant autorité, travailler en liaison étroite avec d'autres organismes internationaux compétents afin d'éviter, dans la mesure du possible, les doubles emplois.

26. Au cours des prochaines sessions, le Comité s'emploiera à mettre en œuvre les stratégies susmentionnées.

D. Programme de travail futur

27. Le Comité a examiné des plans préliminaires concernant 5 projets et 2 activités de moindre ampleur. Les projets portaient sur les thèmes suivants: a) les cancers secondaires consécutifs à une radiothérapie; b) une évaluation des effets sur les biotes de l'exposition aux rayonnements ionisants imputable à l'industrie nucléaire; c) les mécanismes biologiques susceptibles d'influer sur les effets sanitaires de l'exposition à de faibles doses de rayonnements; d) les effets de l'exposition au radon dans les habitations et sur les lieux de travail; et e) les études épidémiologiques sur les rayonnements et le cancer. Compte tenu de son programme de travail actuel ainsi que de ses capacités et de celles de son secrétariat, le Comité a décidé de faire ce qui suit:

a) Lancer en 2016 des projets sur des thèmes c) et d), et axer le projet c) sur le cancer et les effets héréditaires;

b) Lancer en 2017 un projet sur le thème e), suivant une description plus précise de celui-ci élaborée par la délégation des États-Unis d'Amérique;

c) Demander à la délégation française de produire des documents de travail qui permettraient d'examiner plus en détail la proposition de thème a) en vue de l'accepter en 2017.

28. Le Comité a également demandé au secrétariat d'établir un document succinct sur son avis scientifique concernant le facteur d'efficacité de la dose et du débit de dose, et un autre sur l'évaluation des données relatives au cancer de la thyroïde dans les régions touchées par l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986, pour qu'il puisse les examiner et les accepter à sa soixante-quatrième session.

E. Questions administratives

29. Vu la nécessité de maintenir le rythme de ses travaux et en particulier de ceux visant à constituer des fonds de données sur l'exposition aux rayonnements et à améliorer la diffusion de ses conclusions auprès du public, y compris dans les langues officielles de l'ONU autres que l'anglais, le Comité a estimé que l'annonce régulière de contributions volontaires au fonds général d'affectation spéciale créé par le Directeur exécutif du PNUE serait cruciale. Il a suggéré que l'Assemblée générale invite les États Membres à envisager d'annoncer régulièrement, à ces fins, des contributions volontaires audit fonds, ou à faire des contributions en nature.

30. Le Comité a décidé de tenir sa soixante-quatrième session à Vienne du 29 mai au 2 juin 2017. Il a élu, pour le guider à ses soixante-quatrième et soixante-cinquième sessions, un nouveau Bureau composé comme suit: Hans Vanmarcke (Belgique), Président; Peter Jacob (Allemagne), Patsy Thompson (Canada), Michael Waligórski (Pologne), Vice-Présidents; et Gillian Hirth (Australie), Rapporteuse.

Chapitre III

Rapport scientifique

31. Quatre annexes scientifiques (publiées à part) regroupent les éléments sur lesquels reposent les conclusions formulées dans le présent chapitre.

A. Méthode d'estimation de l'exposition du public due aux rejets radioactifs

32. Le Comité a procédé à plusieurs occasions à des estimations de l'exposition du public aux rayonnements ionisants due aux rejets radioactifs réguliers dans l'environnement provenant principalement, lors de leur fonctionnement normal, d'installations qui interviennent dans le cycle du combustible nucléaire. Chaque fois, il a réexaminé sa méthode d'estimation de l'exposition à la lumière des progrès scientifiques réalisés et l'a révisée le cas échéant. Il a décidé d'actualiser et de développer ses évaluations précédentes de l'exposition humaine aux rayonnements ionisants due à la production d'électricité. En conséquence, il a réexaminé et actualisé sa méthode d'estimation de l'exposition du public due aux rejets qui avait été publiée dans son rapport de 2000. Pour pouvoir être appliquée de façon plus souple à différents types de production électrique et pour gagner en transparence, cette méthode a été modifiée afin de produire une estimation des doses de rayonnement caractéristiques des rejets de chaque radionucléide important.

33. La méthode actualisée peut servir à estimer les doses individuelles et collectives types dues aux rejets dans l'atmosphère, les rivières et les lacs, et la mer. La dose individuelle type désigne la dose indicative à laquelle est exposée une personne vivant dans la zone située autour du point de rejet. La dose collective type est le produit de la dose moyenne issue d'une source déterminée à laquelle est exposée une population donnée et du nombre de personnes composant cette population, intégré sur une période de temps définie. En d'autres termes, c'est la dose à laquelle est exposé l'ensemble des membres d'une population sur une période de temps définie. Toutefois, les doses calculées sont des paramètres de mesure à utiliser uniquement pour comparer différentes sources d'exposition, et non pour évaluer leurs incidences sur la santé. En outre, cette méthode ne s'applique qu'aux rejets réguliers dont on peut supposer qu'ils sont continus, et des méthodes plus sophistiquées sont nécessaires pour évaluer l'exposition due à des rejets accidentels.

34. Les rejets radioactifs peuvent donner lieu à différents modes d'exposition du public, et la méthode actualisée prend en compte les principaux, à savoir l'exposition due à des radionucléides présents à l'extérieur de l'organisme, c'est-à-dire dans l'atmosphère et le sol, et l'exposition due à des radionucléides présents à l'intérieur de l'organisme après inhalation et ingestion. Pour permettre d'estimer l'exposition due à des modes de production d'électricité à la fois nucléaires et non nucléaires, la méthode a été élargie et couvre ainsi un large éventail de radionucléides. Elle utilise des modèles fondés sur des données expérimentales et d'autres observations de terrain en vue d'estimer les transferts de radionucléides dans l'environnement et l'exposition du public qui en résulte. La méthode actualisée tient désormais compte d'une nouvelle voie d'exposition non encore examinée, à savoir l'ingestion de produits agricoles issus de cultures

irriguées avec de l'eau qui contient des radionucléides du fait de rejets dans l'eau douce.

35. Dans le passé, on utilisait les valeurs moyennes mondiales de densité de population et de consommation alimentaire, car elles étaient considérées comme suffisantes pour estimer l'exposition de la population mondiale due à des installations nucléaires. Toutefois, on trouve aujourd'hui des centrales électriques non nucléaires partout dans le monde, et les valeurs correspondant à la consommation alimentaire et à la densité de population sont très variables à ces différents endroits. En conséquence, le Comité a décidé de prendre en compte des facteurs régionaux. Les régions désormais examinées restent toutefois très vastes, et l'adoption d'autres approches semble nécessaire pour pouvoir procéder aux évaluations des différents sites. L'exposition est estimée à l'aide d'une série de modèles mathématiques fondés sur des paramètres déterminés par le Comité en vue de produire des chiffres réalistes. Cette façon de faire contraste avec une approche plus prudente souvent utilisée à des fins réglementaires, qui consiste à choisir des valeurs aboutissant à une surestimation délibérée de l'exposition.

36. Comme auparavant, il est possible de faire des estimations des doses collectives auxquelles sont exposées les populations aux niveaux local, régional et mondial, le cas échéant. En outre, la méthode retenue renseigne sur les doses collectives résultant d'une année de rejets continus dans l'atmosphère auxquelles sont exposés différents groupes de population en fonction de la distance qui les sépare du lieu de rejet. Les estimations des doses collectives auxquelles est exposée la population mondiale sont désormais intégrées sur des périodes de 100, 500 et 10 000 ans.

37. Une série de formulaires électroniques garantissent la transparence de la mise en œuvre et aident le Comité à appliquer la méthode et à la réviser lors de futures études. Ils contiennent des informations sur les principales voies d'exposition et les principaux radionucléides en cause et peuvent être téléchargés sur le site Web du Comité (www.unscear.org).

38. Le Comité est convaincu que la méthode actualisée, telle qu'elle est appliquée dans les formulaires, est d'autant plus solide qu'elle se fonde sur ses versions précédentes, elles-mêmes éprouvées, et qu'elle permet d'estimer l'exposition des populations due à des rejets réguliers de radionucléides dans divers environnements aux niveaux régional et mondial.

B. Exposition aux rayonnements due à la production d'électricité

39. Les parts relatives des différentes technologies de production d'électricité employées dans le monde varient avec le temps en fonction du climat, de l'environnement, des ressources et des enjeux politiques et économiques. Les gouvernements et les chercheurs pourraient effectuer diverses études comparatives qui abordent, entre autres, les effets de ces différentes technologies sur le public, les travailleurs et l'environnement. L'exposition aux rayonnements ionisants n'est que l'un des nombreux facteurs qui pourraient être pris en compte dans ce cadre, mais le Comité considère qu'actualisées et développées, ses précédentes évaluations de l'exposition du public et des travailleurs due à la production d'électricité pourraient constituer une source utile d'informations pour ces études.

40. Si l'on porte un intérêt à l'exposition du public et des travailleurs aux rayonnements ionisants due à la production d'électricité de source nucléaire depuis les premières utilisations de celles-ci, l'exposition due à l'utilisation d'autres technologies de production d'électricité n'a pas été étudiée de façon aussi approfondie. Le Comité a régulièrement réexaminé l'exposition tant du public que des travailleurs due à la production d'électricité de source nucléaire, et il a également procédé à des évaluations d'autres formes de production d'électricité, mais elles sont moins poussées⁶. Ces évaluations font appel à diverses méthodes et se fondent sur des données relatives à des activités industrielles qui ne relèvent pas du secteur nucléaire et qui ne sont pas surveillées ou signalées de façon globale et systématique, ce qui rend difficile toute comparaison exploitable des expositions aux rayonnements provenant des différentes technologies de production d'électricité.

41. Les évaluations de l'exposition du public et des travailleurs due à la production d'électricité ne portaient pas sur la dose collective résultant d'accidents. Toutefois, le Comité a réalisé des évaluations des accidents survenus par le passé dans son rapport de 2008; il a évalué celui survenu à Tchernobyl dans ses rapports de 1988, 2000 et 2008, et celui survenu à Fukushima Daiichi dans son rapport de 2013. Il est difficile de comparer directement les expositions dues à des accidents et celles résultant de rejets réguliers. Cela tient notamment au fait que la distribution des doses auxquelles est exposé le public immédiatement après un accident est beaucoup plus localisée géographiquement que celle des doses collectives résultant de l'exploitation normale d'installations de production électrique, qui est plus équitablement répartie au niveau régional ou mondial. Néanmoins, les doses collectives reçues par la population mondiale à la suite d'accidents graves, tels que ceux qui se sont produits dans les centrales nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima Daiichi, étaient d'un ordre de grandeur supérieur à celui des doses collectives dont il est estimé dans l'étude qu'elles ont été reçues par la population mondiale pendant un an d'exploitation normale des principales technologies de production électrique.

42. Comme indiqué précédemment, le Comité a actualisé sa méthode d'estimation de l'exposition du public due aux rejets radioactifs. Cette méthode est désormais plus souple et permet d'aborder un éventail plus large de technologies de production d'électricité. En plus d'inclure une analyse approfondie des données disponibles, elle offre au Comité une base plus solide pour procéder à des études comparatives.

⁶ *Sources and Effects of Ionizing Radiation – 1977 Report to the General Assembly, with Annexes* (Sources et effets des rayonnements ionisants – rapport de 1977 à l'Assemblée générale et annexes) (Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.77.IX.1); *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects – 1982 Report to the General Assembly, with Annexes* (Rayonnements ionisants: sources et effets biologiques – rapport de 1982 à l'Assemblée générale et annexes) (Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.82.IX.8); *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation – 1988 Report to the General Assembly, with Annexes* (Sources, effets et risques des rayonnements ionisants – rapport de 1988 à l'Assemblée générale et annexes) (Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.88.IX.7); *Sources and Effects of Ionizing Radiation – 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes* (Sources et effets des rayonnements ionisants – rapport de 1993 à l'Assemblée générale et annexes scientifiques) (Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.94.IX.2); et *Sources and Effects of Ionizing Radiation – 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume I: Sources* (Sources et effets des rayonnements ionisants – rapport de 2000 à l'Assemblée générale et annexes scientifiques, Volume I: sources) (Publication des Nations Unies, numéro de vente: E.00.IX.3).

Parallèlement, le Comité a réévalué les expositions professionnelles résultant de ces différentes technologies, en utilisant principalement des données issues du suivi dosimétrique des travailleurs. Ces évaluations constituent la base de l'étude comparative actuelle sur l'exposition à la fois du public et des travailleurs aux rayonnements due à la production d'électricité.

43. Dans le cadre de cette étude comparative, le Comité s'est intéressé à l'exposition résultant des technologies de production d'électricité fondées sur l'énergie nucléaire; sur la combustion de charbon, de gaz naturel, de pétrole et de biocarburants; et sur l'énergie géothermique, éolienne et solaire. Deux de ces technologies (celles qui font appel à l'énergie nucléaire et à la combustion de charbon) ont été examinées en détail car on disposait à leur sujet d'une base de données particulièrement solide. Le Comité a évalué les principales sources de rejets radioactifs liées à ces cycles. S'agissant de l'énergie nucléaire, elles comprenaient l'extraction et le broyage de l'uranium et les résidus de ce broyage, l'exploitation des centrales électriques et les activités de retraitement. S'agissant de la combustion de charbon, elles incluaient l'extraction houillère, l'exploitation des centrales (modernes et plus anciennes) et les dépôts de cendres. Par souci de simplicité, on se référera à ces cycles par les termes "cycle du combustible nucléaire" et "cycle du charbon", respectivement.

44. Pour comparer les expositions, le Comité s'est concentré sur deux paramètres. Le premier correspondait aux doses collectives reçues par des populations données pendant une année de production d'électricité aux niveaux mondial et régional, calculées pour chaque technologie de production et intégrées sur des périodes déterminées. Le deuxième se basait sur la division des doses collectives pertinentes par la quantité d'électricité produite par chaque technologie. L'année utilisée comme référence était 2010.

45. Le Comité a estimé que le cycle du charbon était à l'origine de plus de la moitié de la dose collective totale reçue par la population aux niveaux local et régional du fait des rejets issus des technologies de production d'électricité au niveau mondial pendant une année. Le Comité est parti de l'hypothèse que les rejets provenaient de centrales à charbon modernes. La contribution du cycle du combustible nucléaire, quant à elle, était inférieure à un cinquième de la dose totale. La contribution du cycle du charbon est imputable à des rejets de radionucléides naturels (principalement le radon et ses produits radioactifs de filiation) pendant l'extraction houillère, la combustion du charbon dans les centrales et le dépôt de cendres. Parallèlement, près de la moitié des expositions de la population mondiale générées par le cycle du combustible nucléaire sont imputables aux rejets de radionucléides naturels pendant l'extraction et le broyage de l'uranium. Ces valeurs dépendent de la part de chaque technologie dans la production totale d'électricité; en 2010, le cycle du charbon représentait environ 40 % de la production totale, soit la plus grande part. Alors que le radon et ses produits de filiation contribuent de façon relativement importante aux doses collectives reçues par la population du fait du cycle du combustible nucléaire et du cycle du charbon, les doses individuelles correspondantes sont faibles par rapport aux doses résultant de l'inhalation de radon et de ses produits de filiation présents naturellement dans les habitations.

46. Le Comité a néanmoins constaté que la contribution d'une technologie donnée à l'exposition de la population mondiale ne dépendait pas uniquement de la quantité d'électricité produite. Il fallait également tenir compte des différences entre les doses collectives rapportées à l'unité d'électricité produite par chaque technologie.

En conditions normales de fonctionnement, le cycle du charbon entraînait une dose collective par unité d'électricité produite plus élevée que celle générée par le cycle du combustible nucléaire, et considérablement plus élevée que celles résultant des autres technologies évaluées, à l'exception de l'énergie géothermique. D'après les quelques informations disponibles sur les rejets de radon provenant des centrales géothermiques, la dose collective rapportée à l'unité d'électricité produite par cette technologie pourrait être significative. Toutefois, étant donné que l'utilisation de la géothermie n'est pas répandue, sa contribution à l'exposition de la population mondiale aux rayonnements est inférieure à celle du cycle du charbon.

47. De précédentes études sur la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire ont examiné l'exposition de la population résultant des radionucléides à longue durée de vie tels que le carbone-14 qui, une fois rejeté, se disperse dans l'environnement et continue de contribuer à l'exposition aux rayonnements de la population mondiale pendant des siècles, même si les doses individuelles en jeu sont extrêmement faibles. La contribution des radionucléides dispersés dans l'environnement à la dose collective reçue par la population mondiale dépend de la durée sur laquelle la dose collective est intégrée. L'exposition de la population due à une année de rejets de radionucléides qui se dispersent dans l'environnement continue d'augmenter lentement au fil du temps. Sur de longues périodes d'intégration, des centaines d'années par exemple, la dose collective reçue par la population mondiale et provenant de tels radionucléides issus du cycle du combustible nucléaire est plus élevée que celle provenant de tels radionucléides issus du cycle du charbon.

48. Le Comité a également évalué l'exposition professionnelle. La dose collective la plus importante par unité d'électricité produite à laquelle sont exposés les travailleurs résulte de l'extraction houillère, qui entraîne une exposition à des radionucléides naturels. Sur toutes les doses collectives évaluées, qu'elles concernent le public ou les travailleurs, ce sont celles reçues par les travailleurs du fait de l'extraction houillère qui constituent la plus grande part du total, même si elles ont diminué au fil du temps grâce à l'amélioration des conditions d'extraction. La dose collective par unité d'électricité produite de loin la plus importante à laquelle sont exposés les travailleurs est imputable au cycle de l'énergie solaire, la seconde étant imputable au cycle de l'énergie éolienne. Cela s'explique par le fait que ces technologies nécessitent de grandes quantités de métaux des terres rares et que l'extraction de minerai de faible teneur expose les travailleurs à des radionucléides naturels.

49. La dose collective totale par unité d'électricité produite (c'est-à-dire la dose reçue par la population mondiale et tous les travailleurs exposés pris ensemble) résultant du cycle du charbon était plus importante que celle résultant du cycle du combustible nucléaire. Cela était toujours le cas même lorsque les doses dues aux radionucléides dispersés dans l'environnement étaient intégrées sur plus de 500 ans. Lorsqu'on examine la quantité d'électricité produite en 2010 à l'aide de chaque technologie, on constate que c'est le cycle du charbon qui induit la plus forte dose collective reçue par la population mondiale et les travailleurs pris ensemble, devant le cycle du combustible nucléaire. Parmi les autres technologies venaient ensuite l'énergie géothermique et la combustion de gaz naturel.

50. Ces résultats doivent être interprétés et utilisés avec beaucoup de prudence. Ils visent uniquement à donner une idée des différents degrés d'exposition aux rayonnements résultant de chaque technologie de production d'électricité. Ils ne

doivent pas être le seul paramètre de mesure considéré pour déterminer si une technologie est préférable à une autre. Comme on l'a indiqué plus haut, les pays tiennent compte d'un certain nombre de facteurs à l'heure de choisir un panier énergétique. L'exposition aux rayonnements n'est que l'un d'entre eux.

C. Effets biologiques de certains émetteurs internes

51. Le terme "émetteurs internes" est couramment utilisé pour désigner les radionucléides déposés dans les organes et les tissus après avoir pénétré dans le corps, principalement par inhalation ou ingestion, mais aussi, éventuellement, au niveau de blessures ou à travers la peau intacte. Le type, la forme et la durée des émissions radioactives et du dépôt d'énergie au sein des organes et tissus et entre eux varient considérablement en fonction du radionucléide en cause et de sa forme physico-chimique lors de son incorporation.

52. Il est important d'étudier directement l'exposition à des émetteurs internes car les rayonnements émis par certains radionucléides ont un faible parcours et, à des degrés divers, une forte densité d'ionisation. En outre, ces radionucléides pouvant être répartis inégalement entre les tissus, la nature de la dose générée par certains émetteurs internes diffère sensiblement de celle générée par des rayonnements émanant de sources extérieures telles que les bombes atomiques qui ont explosé à Hiroshima et Nagasaki (Japon). La plupart des éléments de preuve dont on dispose concernant les risques liés aux rayonnements proviennent d'études de l'exposition humaine à des rayonnements pénétrants, et très peu de données directes sont disponibles sur les effets sanitaires de l'exposition interne. Par conséquent, les doses auxquelles les émetteurs internes exposent les organes ne peuvent être estimées que grâce à des modèles, et les facteurs de risque se déduisent essentiellement des études sur les rayonnements pénétrants d'origine externe. Dans ces circonstances, il est fortement souhaitable de valider les hypothèses de départ par des observations réelles des populations exposées à des rayonnements internes provenant de radionucléides donnés.

53. En réponse aux initiatives prises dans un certain nombre de pays pour estimer les doses générées par le tritium et les radio-isotopes de l'uranium et en comprendre les effets sur la santé, le Comité scientifique a examiné des informations pertinentes sur ces radionucléides. Les éléments sur lesquels reposent les conclusions ci-après figurent dans deux annexes scientifiques.

54. Le tritium (^3H) est un isotope radioactif de l'hydrogène dont l'activité décroît uniquement par l'émission de particules bêta de faible énergie. Il est produit de manière aussi bien naturelle, principalement par l'interaction entre des particules de rayons cosmiques et la haute atmosphère, qu'artificielle, par l'exploitation de réacteurs nucléaires et d'autres installations industrielles (il est alors utilisé dans la recherche biomédicale, et il entrainait par le passé dans la composition de toute une gamme de produits de consommation). À l'avenir, le tritium devrait être utilisé à grande échelle dans les réacteurs à fusion. Dans l'environnement et sur les lieux de travail, il se trouve principalement dans l'eau tritiée sous forme liquide ou gazeuse. Le tritium accumulé dans les composants organiques des denrées alimentaires, dénommé tritium organique, constitue l'un des sujets liés au transfert dans l'environnement et la chaîne alimentaire qui appellent des recherches plus approfondies.

55. L'uranium est un élément naturel présent partout dans l'environnement. Il possède trois radio-isotopes naturels: ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U . Ceux-ci sont présents dans les roches et les sols et, par conséquent, dans l'alimentation humaine. Leur activité décroît essentiellement par l'émission de particules alpha et ils ont des demi-vies très longues. L'exposition interne des travailleurs à l'uranium résulte principalement d'activités minières et de l'utilisation de l'uranium comme combustible nucléaire. Dans la vie quotidienne, les populations sont exposées à de l'uranium essentiellement par l'intermédiaire de l'eau potable et des denrées alimentaires. L'exposition du personnel militaire et du public à l'uranium appauvri (mélanges d'isotopes contenant un faible pourcentage d'uranium ^{235}U) utilisé dans les munitions suscite des préoccupations; l'Assemblée générale s'en est notamment inquiétée dans sa résolution 69/57 sur les effets de l'utilisation d'armes et de munitions contenant de l'uranium appauvri.

56. Alors que les doses absorbées par les organes à la suite d'une exposition à des sources externes de rayonnements sont calculées à partir de modèles anatomiques du corps humain, communément appelés fantômes, l'estimation des doses résultant d'émetteurs internes exige en outre le recours à des modèles biocinétiques qui décrivent le comportement des radionucléides une fois qu'ils ont pénétré dans le corps, principalement par inhalation ou ingestion. Ces modèles simulent les dépôts de particules et de vapeur inhalées dans les voies respiratoires et le passage des radionucléides ingérés par voie digestive. Ils représentent également la distribution des radionucléides au sein des organes et des tissus par voie sanguine, leur rétention dans ces sites de dépôt et leur élimination. La fiabilité des modèles utilisés pour estimer les doses générées par certains éléments et leurs radio-isotopes dépend de la qualité des données expérimentales et humaines disponibles.

57. Des modèles sont disponibles pour l'étude du tritium sous forme d'eau tritiée; ils rendent compte de la distribution de cet élément dans tous les organes et tissus du corps selon leur teneur en eau. On possède moins d'informations pour la mise au point de modèles satisfaisants qui décriraient le comportement de différentes formes de tritium organique et d'autres composés tritiés, notamment des acides aminés, dont certains sont impliqués dans la synthèse de l'ADN et des protéines qui y sont associées. L'absorption de l'uranium dépend en partie de la façon dont celui-ci a pénétré dans l'organisme (inhalation ou ingestion) et varie considérablement en fonction de sa forme physique et chimique. L'uranium absorbé au niveau sanguin s'accumule principalement au sein du squelette mais il est également en partie retenu dans les reins tandis qu'une grande proportion est rapidement excrétée par voie urinaire.

58. L'efficacité avec laquelle les différents types de rayonnements sont susceptibles de favoriser le développement de cancers et d'autres problèmes de santé varie. Les photons et les particules chargées telles que les électrons et les particules alpha sont deux grandes catégories de sources de rayonnements. Certains types de particules chargées ont un potentiel cancérigène par unité de dose absorbée généralement plus élevé que les photons pénétrants. L'évaluation de ces différences s'appuie en grande partie sur des données expérimentales concernant leur efficacité biologique relative (EBR), définie comme étant le rapport entre la dose absorbée d'un rayonnement de référence et la dose absorbée d'un rayonnement étudié qui doit produire le même effet biologique.

59. Il existe une abondante documentation sur les études consacrées à l'EBR des émissions de particules bêta du tritium. Les valeurs de cette EBR pour toute une

série de cibles biologiques sont de une à plusieurs fois supérieures à celles des rayons gamma ou des rayons X. Toutefois, les rares études pertinentes qui ont été menées sur les mammifères ne permettent pas de tirer de conclusions en termes de cancérogenèse. On dispose de peu d'informations exploitables pour estimer les valeurs de l'EBR des émissions de particules alpha provenant des isotopes de l'uranium. On sait toutefois que les valeurs de l'EBR des particules alpha dépendent de l'énergie des particules, de leur parcours et de la densité des dépôts d'énergie sur de courtes longueurs, et que, dans l'ensemble, elles ne dépendront pas du radionucléide lui-même, sauf lorsque celui-ci détermine l'origine des émissions dans les tissus. Les valeurs de l'EBR considérées comme caractéristiques des particules alpha sont environ 10 fois supérieures à celles des rayons gamma ou des rayons X pour les cancers du foie et du poumon, ces valeurs étant plus basses pour la leucémie.

60. Si les effets tumorigènes de l'uranium chez l'animal sont probablement liés à la radiotoxicité des émissions de particules alpha, certains effets sont manifestement liés à la chimiotoxicité de certaines espèces d'uranium, en particulier au niveau des reins. La toxicité chimique est le facteur limitant qui détermine actuellement le niveau d'uranium toléré dans l'eau potable.

61. Plusieurs études épidémiologiques ont été menées sur des travailleurs et des membres du public qui pourraient avoir été exposés à du tritium. Cependant, aucune d'entre elles n'a jusqu'à présent mis en évidence d'augmentation, dans les populations exposées, de la fréquence des cancers pouvant être attribuée à l'exposition aux rayonnements provenant du tritium. Les études épidémiologiques menées auprès des travailleurs du secteur nucléaire ont fait état d'un faible lien entre l'exposition à l'uranium et le taux de cancer du poumon, mais les données ne sont pas suffisamment probantes pour démontrer une relation de causalité.

62. Le Comité a examiné des études concernant les effets sur la santé de l'uranium appauvri utilisé dans les munitions à usage militaire. Aucune pathologie cliniquement significative liée à l'exposition à de l'uranium appauvri n'a été décelée chez des militaires ou des membres de la population. Cela est conforme aux attentes, étant donné les faibles niveaux des expositions mesurées ou évaluées.

63. Le Comité juge impératif de poursuivre les recherches et les examens permettant d'évaluer les effets de l'exposition interne. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les effets de la répartition inégale des doses produites par des émetteurs internes au sein des tissus et cellules de l'organisme, par comparaison avec la répartition uniforme des doses résultant de l'exposition externe aux rayonnements pénétrants. L'évolution de l'exposition et la sensibilité des tissus au cours du développement *in utero* et au début de la période postnatale, sujets complexes, devraient également faire l'objet de travaux de recherche.

Appendice I

Liste des membres des délégations nationales aux cinquante-septième à soixante-troisième sessions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants

Allemagne	P. Jacob (Représentant), W. Weiss (Représentant), S. Baechler, A. Böttger, A. A. Friedl, K. Gehrcke, T. Jung, G. Kirchner, J. Kopp, R. Michel, W.-U. Müller, W. Rühm, H. Zeeb
Argentine	A. J. González (Représentant), A. Canoba, P. Carretto, M. di Giorgio, M. G. Ermacora
Australie	C.-M. Larsson (Représentant), C. Baggoley, M. Grzechnik, G. Hirth, P. Johnston, S. B. Solomon, R. Tinker
Bélarus	A. Stazharau (Représentant), J. Kenigsberg (Représentant), A. Nikalayenka, A. Rozhko, V. Ternov, N. Vlasova
Belgique	H. Vanmarcke (Représentant), S. Baatout, H. Bijwaard, H. Bosmans, G. Eggermont, H. Engels, F. Jamar, L. Mullenders, H. Slaper, P. Smeesters, A. Wambersie, P. Willems
Brésil	J. G. Hunt (Représentant), D. R. Melo (Représentant), M. Nogueira Martins (Représentant), D. de Souza Santos, L. Holanda Sadler Veiga, M. C. Lourenço, E. Rochedo
Canada	P. Thompson (Représentant), N. E. Gentner (Représentant), B. Pieteron (Représentant), C. Purvis (Représentant), D. Boreham, K. Bundy, D. B. Chambers, J. Chen, P. Demers, S. Hamlat, R. Lane, C. Lavoie, E. Waller, D. Whillans
Chine	Pan Z. (Représentant), Chen Y., Dong L., Du Y., Gao H., Li F., Lin X., Liu J., Liu S., Liu Y., Pan S., Qin Q., Song G., Su X., Sun Q., Wang Y., Xuan Y., Yang H., Yang X., Zhang W., Zhou P., Zhu M.
Égypte	W. M. Badawy (Représentant), T. S. El-Din Ahmed Ghazey (Représentant), M. A. M. Gomaa (Représentant), T. Morsi
Espagne	M. J. Muñoz González (Représentant), D. Cancio, M. T. Macías Domínguez, J. C. Mora Cañadas, B. Robles Atienza, E. Vañó Carruana
États-Unis d'Amérique	R. J. Preston (Représentant), F. A. Mettler Jr. (Représentant), A. Ansari, L. R. Anspaugh, J. D. Boice Jr., W. Bolch, H. Grogan, N. H. Harley, E. V. Holahan Jr., B. A. Napier, D. Pawel, G. E. Woloschak
Fédération de Russie	A. Akleyev (Représentant), M. Kiselev (Représentant), R. Alexakhin, T. Azizova, S. Geraskin, V. Ivanov, N. Koshurnikova, A. Koterov, A. Kryshev, I. Kryshev, B. Lobach, S. Mikheenko, O. Pavlovsky, A. Rachkov, S. Romanov, A. Samoylov, A. Sazhin, S. Shinkarev

Finlande	S. Salomaa (Représentant), A. Auvinen, R. Bly, E. Salminen
France	L. Lebaron-Jacobs (Représentant), A. Rannou (Représentant), E. Ansoborlo, J.-M. Bordy, M. Bourguignon, I. Clairand, I. Dublineau Naud, A. Flüry-Hérard, J.-R. Jourdain, R. Maximilien, F. Ménétrier, E. Quémeneur, M. Tirmarche
Inde	R. A. Badwe (Représentant), S. K. Apte (Représentant), K. S. Pradeepkumar (Représentant), K. B. Sainis (Représentant), B. Das, P. C. Kesavan, Y. S. Mayya
Indonésie	E. Hiswara (Représentant), Z. Alatas (Représentant), S. Widodo (Représentant), G. B. Prajogi, G. Witono, B. Zulkarnaen
Japon	Y. Yonekura (Représentant), K. Akahane, M. Akashi, S. Akiba, T. Aono, N. Ban, M. Chino, H. Fujita, K. Kodama, M. Kowatari, M. Nakano, O. Niwa, K. Ozasa, S. Saigusa, K. Sakai, G. Suzuki, M. Takahashi, T. Takahashi, Y. Yamada, H. Yamagishi, H. Yasuda
Mexique	J. Aguirre Gómez (Représentant)
Pakistan	Z. A. Baig (Représentant), M. Ali (Représentant), R. Ali
Pérou	A. Lachos Dávila (Représentant), L. V. Pinillos Ashton (Représentant), B. M. García Gutiérrez
Pologne	M. Waligórski (Représentant), L. Dobrzyński, M. Janiak, M. Kruszewski
République de Corée	B. S. Lee (Représentant), M. Baek, K.-W. Cho (Représentant), K.-H. Do, J.-I. Kim, K. P. Kim, S. H. Kim, D.-K. Keum, J. K. Lee, J. E. Lee, S. H. Na (Représentant), S. Y. Nam, S. W. Seo
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	S. Bouffler (Représentant), J. Cooper (Représentant), J. Harrison (Représentant), A. Bexon, J. Simmonds, R. Wakeford, W. Zhang
Slovaquie	L. Auxtová (Représentant), E. Bédi (Représentant), M. Zemanová (Représentant), M. Chorváth, A. Ďurecová, V. Jurina, Ž. Kantová, K. Petrová, L. Tomášek, I. Zachariášová
Soudan	N. A. Ahmed (Représentant), I. Salih Mohamed Musa (Représentant), E. A. E. Ali (Représentant), A. E. Elgaylani (Représentant), M. A. H. Eltayeb (Représentant), I. I. Suliman
Suède	I. Lund (Représentant), L. Hubbard (Représentant), L. Moberg (Représentant), A. Almén, E. Forssell-Aronsson, L. Gedda, J. Johansson Barck-Holst, J. Lillhök, A. Wojcik
Ukraine	D. Bazyka (Représentant)

Appendice II

Personnel scientifique et consultants ayant contribué à l'établissement du rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants pour 2016

L. Anspaugh

B. Lauritzen

M. Balonov

I. Dublineau

H. Grogan

L. Hubbard

B. Lambert

C. Robinson

E. Rochedo

R. Shore

J. Simmonds

R. Wakeford

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

M. J. Crick

F. Shannoun
