

Examen radiologique de l'eau de boisson

Rapport sur la réunion
d'un groupe de travail de l'OMS

Bruxelles
7-10 novembre 1978

ISBN 92 9020 256 4

© Organisation mondiale de la Santé 1981

Les publications de l'Organisation mondiale de la Santé bénéficient de la protection prévue par les dispositions du Protocole N°2 de la Convention universelle pour la Protection du Droit d'Auteur. Pour toute reproduction ou traduction partielle ou intégrale, une autorisation doit être demandée au Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, 8 Scherfigsvej, DK-2100 Copenhague Ø, Danemark. Le Bureau régional sera toujours très heureux de recevoir des demandes à cet effet.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de firmes et de produits commerciaux n'implique pas que ces firmes et produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé de préférence à d'autres. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

Ce rapport exprime les vues collectives d'un groupe de travail et ne représente pas nécessairement les décisions ou la politique officiellement adoptées par l'Organisation mondiale de la Santé.

IMPRIMÉ AU DANEMARK

SOMMAIRE

Page

1. Résumé	1
2. Introduction	1
3. Définition de l'eau de boisson	2
4. Considérations de base	2
5. Sources d'exposition aux rayonnements	4
6. Radionucléides présentant un intérêt particulier	5
6.1 Radionucléides naturels	5
6.2 Radionucléides artificiels	5
6.3 Radioactivité globale	5
6.4 Radionucléides indicateurs	5
6.5 Radon	5
6.6 Tritium	6
7. Calcul des niveaux dérivés d'activité alpha et bêta dans l'eau de boisson	6
7.1 Concentrations dans l'eau, calculées sur la base des niveaux d'irradiation annuels	7
8. Autres problèmes	9
9. Conclusions	10
10. Recommandations	10
Références bibliographiques	11
Annexe I Recherche du radon-222 : méthodes d'échantillonnage et d'analyse	13
Annexe II Révision des normes de l'OMS pour l'eau de boisson	14
Annexe III Composition des sous-groupes	19
Annexe IV Liste des participants	20

GROUPE DE TRAVAIL DE L'OMS SUR L'EXAMEN RADIOLOGIQUE DE L'EAU DE BOISSON

Bruxelles, 7-10 novembre 1978

1. RESUME

Dans les Normes de l'OMS pour l'eau de boisson, le groupe de travail a repris la section concernant l'examen radiologique de l'eau, afin de voir s'il était nécessaire d'y apporter des changements du fait que l'on produit et utilise de plus en plus et à des fins très diverses des matériaux radioactifs qui se retrouvent ensuite dans les eaux superficielles, et d'étudier les problèmes relatifs à la présence dans les eaux souterraines utilisées pour la boisson de radionucléides naturels. Prenant en considération les recommandations de la Commission internationale de Protection radiologique (CIPR), le groupe de travail a suggéré de limiter dans la mesure du possible à 0,05 mSv (5 mrem) au maximum l'équivalent de dose annuel apporté par l'eau de boisson. Sur cette base, on a suggéré d'adopter comme seuil d'action («niveau d'action zéro») 0,1 Bq/l (soit environ 3 pCi/l) pour la radioactivité alpha globale, et 0,8 Bq/l (approximativement 20 pCi/l) pour la radioactivité bêta globale. Ces niveaux ont été calculés en partant de l'hypothèse qu'un adulte consomme chaque jour 2 litres d'eau. Tout dépassement de ces valeurs doit être signalé aux autorités compétentes, qui décideront des mesures à prendre.

2. INTRODUCTION

Les matériaux radioactifs parviennent dans l'environnement à partir d'un certain nombre de sources, les unes naturelles, les autres dues à l'homme. Parmi les sources naturelles, on citera les substances engendrées par les rayons cosmiques et que les eaux de pluie et de ruissellement peuvent amener dans les cours d'eau, et celles qui se trouvent dans le sol, comme l'uranium-238 et ses produits de filiation, le radium-226 et le radon-222. Les radionucléides artificiels sont ceux qui proviennent des retombées des expériences nucléaires, de la production d'énergie nucléaire et de l'utilisation à des fins bénéfiques – médicales ou autres – de matières radioactives.

La quantité de substances radioactives présentes dans les eaux, de surface ou souterraines, peut être augmentée par la multiplication des rejets

dans le milieu, et cette multiplication peut avoir une influence directe sur le niveau de radioactivité des sources d'eau qui servent à l'approvisionnement public. Aussi est-il apparu nécessaire de revoir sur ce plan les normes actuellement admises par l'OMS. Le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, en collaboration avec le Gouvernement belge, a donc convoqué du 7 au 10 novembre 1978, à l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie de Bruxelles, un groupe de travail sur l'examen radiologique de l'eau de boisson (projet ICP/RCE 101(8)). Ce groupe était chargé d'examiner les normes actuelles de l'OMS concernant la radioactivité des eaux de boisson, et de recommander, le cas échéant, certaines modifications de ces normes. Il devait également étudier les procédures d'échantillonnage et d'analyse pour la recherche du radon-222, à intégrer au manuel en préparation sur les méthodes d'analyse employées dans la lutte contre la pollution de l'eau (1).

La réunion a été ouverte par le Dr J. DeRoy, Directeur général à l'Administration de l'Hygiène (Ministère de la Santé publique et de la Famille), qui a souhaité la bienvenue au groupe au nom du Gouvernement belge; le Professeur A. Lafontaine, se faisant le porte-parole de l'institut hôte de la réunion, a ensuite salué les participants. Le Dr J.-C. Nenot a été élu président, M.J. Bouquiaux vice-président, et le Dr C.P. Straub rapporteur, tandis que le Dr M.J. Suess assumait les fonctions de secrétaire.

3. DEFINITION DE L'EAU DE BOISSON

Le groupe de travail a adopté pour ses débats une définition selon laquelle l'eau de boisson ou eau potable est une eau provenant de nappes superficielles ou souterraines que le consommateur peut se procurer pour sa boisson soit au robinet de sa maison, soit sous forme d'eau de table en bouteille. Dans cette définition n'entre pas l'eau minérale utilisée à des fins médicinales ou thérapeutiques. Pour ce qui est du contrôle, c'est-à-dire de la détermination de la radioactivité, les échantillons de l'eau distribuée sous canalisation seront prélevés dans le système de distribution, tandis que pour l'eau de table en bouteille ils seront prélevés au point d'embouteillage.

4. CONSIDERATIONS DE BASE

L'exposition aux rayonnements a été évaluée conformément aux recommandations de la CIPR. Des critères d'exposition professionnelle avaient été élaborés dans le cadre de recommandations antérieures (2), et il avait été

possible, en faisant jouer des facteurs adéquats, de recommander, pour les individus et les groupes de population, des niveaux admissibles d'exposition fondés sur des considérations génétiques et somatiques. A partir des valeurs données comme teneurs maximales admissibles de l'organisme, on a calculé des concentrations maximales admissibles d'inhalation et d'ingestion. La CIPR a non seulement recommandé de ne pas dépasser les niveaux indiqués, mais elle a bien spécifié que l'exposition aux rayonnements devait être maintenue au seuil le plus bas possible au-dessous de ces niveaux.

Par la suite, la CIPR a souligné que dans le cas des expositions non contrôlées, c'est-à-dire celles qui interviennent dans l'environnement, il était nécessaire de peser le risque découlant des rayonnements contre le risque que pouvaient entraîner des contre-mesures particulières (3). Ce concept a été élargi et il est désormais impératif que :

- a) aucune pratique ne soit adoptée si son introduction n'entraîne pas un bénéfice nettement positif;
- b) toutes les expositions soient maintenues au niveau le plus réalisable, compte tenu des facteurs économiques et sociaux (4).

Se conformant à ces principes, les autorités compétentes ont fixé des niveaux autorisés pour l'évacuation de radionucléides dans l'environnement. Ces niveaux s'appliquent aussi bien aux déversements des centrales nucléaires qu'à ceux des hôpitaux, des industries et autres utilisateurs de matériaux radioactifs. Pour faciliter l'estimation des doses de rayonnements auxquelles sont exposées les populations en aval ou sous le vent des points de décharge, les émissions sont évaluées pour chaque radionucléide déversé dans l'environnement.

De façon générale, les déversements d'installations particulières ne sont pas très importants. Cependant, le niveau de radioactivité dans l'eau peut s'élever assez nettement lorsqu'une prise d'eau est située au-dessous du point de décharge de plusieurs installations qui rejettent chacune de petites quantités de radionucléides, ou bien là où la radioactivité provient directement de sources naturelles, de sources naturelles aménagées par l'homme, ou de sources de radionucléides produites par l'homme. Dans les usines où sont traitées des eaux qui reçoivent ainsi des substances radioactives, il pourra être nécessaire de mettre en place un programme d'observation pour confirmer, à défaut d'autres moyens de surveillance, les niveaux estimatifs de radionucléides censés avoir été rejetés dans le cours d'eau. Si la vérification montre que le niveau provenant des sources signalées et autres n'est pas inquiétant, on pourra, après examen et consultation avec les autorités compétentes, renoncer au moins partiellement à l'observation du niveau de radioactivité des eaux normalement traitées.

Là où les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement, les radionucléides intéressants sont généralement ceux qui se trouvent dans les formations géologiques d'où vient l'eau.

Dans le cas d'installations nouvelles de traitement des eaux, il faudrait mesurer le niveau de radioactivité des sources d'approvisionnement, et calculer à l'avance celui de l'eau traitée. Les valeurs obtenues devront ultérieurement être confirmées par les analyses de laboratoire. Il sera nécessaire d'établir dans quelle proportion, par rapport aux autres sources de radioactivité, l'eau contribue à l'exposition totale subie par la population desservie par cette usine de traitement de l'eau.

5. SOURCES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS

Pour évaluer la dose totale d'irradiation reçue par les individus – et à laquelle l'eau de boisson ne contribue généralement que de façon infime – on a adopté un critère de base fondé sur les limites d'équivalents de dose annuels recommandées par la CIPR (4). L'irradiation peut être le fait de radionucléides naturels, dans leur état d'origine ou après renforcement par l'homme, et de radionucléides artificiels introduits dans l'environnement, retombées des essais nucléaires, rejets des centrales, et les décharges provenant de l'utilisation des substances radioactives en médecine, dans l'industrie et pour la recherche, etc. (5).

L'exposition à ces diverses sources peut avoir lieu par voie externe (c'est le cas principalement pour les radionucléides gamma naturels et les rayonnements utilisés à des fins thérapeutiques ou diagnostiques), ou par voie interne – c'est-à-dire essentiellement par inhalation et ingestion de radionucléides qui peuvent être naturels ou fabriqués par l'homme à des fins bénéfiques (médecine par exemple) ou autres (retombées des essais d'armes nucléaires).

La CIPR indique que si ses recommandations sont respectées, l'équivalent de dose moyen reçu par la population ne dépassera sans doute pas 0,5 mSv/an (4). Le groupe de travail a suggéré de fixer à 0,05 mSv/an la limite admissible d'irradiation apportée par l'eau de boisson, toutes sources naturelles et artificielles de rayonnement comprises; c'est donc une garantie supplémentaire puisque l'eau n'apportera pas plus qu'une petite fraction de la valeur de 0,05 mSv/an fixée par la CIPR, qui, ce faisant, avait surtout pensé aux radionucléides artificiels.

Les niveaux d'exposition aux rayonnements naturels et artificiels sont en fait régulièrement évalués, dans la mesure où cela est possible, sur une base mondiale par le Comité scientifique des Nations-Unies pour l'étude des rayonnements ionisants, dont le dernier rapport publié date de 1977 (5). L'examen des données fournies fait apparaître que l'eau de boisson est un élément relativement mineur de l'irradiation totale.

6. RADIONUCLEIDES PRESENTANT UN INTERET PARTICULIER

Deux catégories de ces radionucléides ont été identifiées : ceux qui peuvent se trouver naturellement dans l'environnement ou ceux qui résultent de l'activité humaine. Fondamentalement, on distingue parmi eux les émetteurs alpha, les radionucléides dont les produits de filiation émettent une radioactivité alpha et les émetteurs bêta.

6.1 Radionucléides naturels

Parmi ceux-ci, sont particulièrement intéressants, dans le groupe des émetteurs alpha : le radium-226, le polonium-210, le radon-220 et 222, ainsi que les isotopes de l'uranium et du thorium; dans le groupe des émetteurs bêta : le radium-228, le plomb-210 et le carbone-14.

6.2 Radionucléides artificiels

Ceux qui parmi eux présentent un intérêt particulier sont : le tritium, le cobalt-58 et 60, le strontium-89 et 90, l'iode-129 et 131, le césium-134 et 137, le plutonium-239 et l'américium-241.

6.3 Radioactivité globale

Il est intéressant en outre de mesurer régulièrement l'activité brute alpha et bêta. Pour les radionucléides comme le tritium, le carbone-14 et autres émetteurs de radiations bêta molles, il faut des instruments de mesure spéciaux, car ces éléments ne sont généralement pas détectés par les mesures de radioactivité globale.

6.4 Radionucléides indicateurs

Aux niveaux de concentration adoptés, on ne peut avoir comme radionucléides indicateurs que le radium-226 pour l'activité alpha brute et le strontium-90 pour l'activité bêta brute, ces éléments représentant respectivement l'émetteur alpha et l'émetteur bêta le plus radiotoxique. Bien que cela ne pose pas pour l'instant de gros problèmes, l'émetteur bêta à longue période qu'est l'iode-129 pourrait ultérieurement servir à contrôler les niveaux d'activité brute bêta et gamma; il sera évoqué à nouveau plus loin en raison du fait que sa toxicité dépasse celle du strontium-90.

6.5 Radon

Les données provenant de plusieurs pays montrent que les concentrations de radon dans les nappes phréatiques (puits profonds) où certaines collectivités vont chercher leur eau de boisson peuvent atteindre 800 Bq/l (~ 20 000 pCi/l) (6-8). Le radon est un gaz rare, facile à extraire de l'eau par aération ou

chauffage. On n'est pas encore en mesure de calculer de façon précise la dose réellement absorbée par une personne qui boit de l'eau renfermant du radon, bien que des approximations aient été publiées (9-12).

Les discussions du sous-groupe IV ont fait apparaître que la teneur en radon des approvisionnements en eau est un problème qui mérite la plus grande attention. Avant de pouvoir fixer un « seuil d'action », il est nécessaire de poursuivre et d'approfondir les recherches sur la concentration réelle du radon dans l'eau de boisson comme sur la relation entre la teneur en radon de l'eau du robinet et les doses qui seront en fait absorbées par inhalation du radon dégagé.

Le sous-groupe II s'est occupé des méthodes d'échantillonnage et d'analyse pour la recherche du radon-222; il a élaboré des protocoles qui seront incorporés au chapitre *Examen radiologique* de l'ouvrage sur les *méthodes d'analyse employées dans la lutte contre la pollution de l'eau (I)* (Annexe I).

6.6 Tritium

Chaque fois que l'on a des raisons de penser que du tritium a été introduit par suite de l'activité humaine dans l'eau dont on a un échantillon, on pratiquera un examen spécial pour rechercher ce radionucléide. Si l'on constate sa présence à un niveau dépassant 40 Bq/l (~ 1000 pCi/l), on devra avertir les autorités compétentes, car de telles concentrations sont insolites et il est nécessaire d'en identifier la cause.

7. CALCUL DES NIVEAUX DERIVES D'ACTIVITE ALPHA ET BETA DANS L'EAU DE BOISSON

Le groupe de travail a admis que les radionucléides présents dans l'eau de boisson, au taux où on les trouve habituellement, ne contribuent généralement que dans une proportion infime à l'irradiation totale reçue par les individus et les populations. En partant de l'hypothèse que chaque litre d'eau contient 0,1 Bq/l (3 pCi/l) de radium-226 et qu'un adulte boit 2 litres d'eau par jour, on a calculé que la radioactivité alpha atteindrait un équivalent de dose annuel de 0,04 mSv (4 mrem). Sur la même base, et en supposant que l'eau fournit au total un équivalent de dose annuel d'environ 0,05 mSv (5 mrem), l'activité bêta brute représentée par la concentration de strontium-90 a été calculée comme s'élevant à 0,8 Bq/l (20 pCi/l), ce qui, pour une consommation journalière de 2 litres d'eau par adulte, correspond à une exposition de 0,01 mSv (1 mrem). Ainsi, l'irradiation totale due à 0,1 Bq/l (3 pCi/l) d'activité alpha, représentée par le radium-226, et à 0,8 Bq/l (20 pCi/l) d'activité bêta, représentée par le strontium-90, serait de 0,05 mSv (5 mrem), ce qui, de l'avis du groupe de travail, est un équivalent de dose annuel effectif tout à fait admissible dans l'eau de boisson.

L'irradiation consécutive à l'absorption du tritium présent dans l'eau à concurrence de 40 Bq/l est négligeable par comparaison à ce qui a été calculé ci-dessus pour le radium et le strontium. La dose totale calculée de 0,05 mSv (5 mrem) est élevée si on la compare aux doses calculées d'après les concentrations de radium et de strontium normalement trouvées dans l'eau de boisson, mais faible par rapport à l'équivalent de dose effectif moyen fixé par la CIPR à 0,5 mSv/an (50 mrem/an) (4).

En tant que critère général, et compte tenu de la présence naturelle d'une certaine radioactivité, les niveaux ci-dessus indiqués de 0,1 Bq/l (3 pCi/l) et 0,8 Bq/l (20 pCi/l) d'activité brute alpha et bêta respecteraient ce principe fondamental selon lequel les niveaux d'exposition doivent être maintenus aussi faibles que cela est raisonnablement possible. Le groupe de travail a estimé qu'un niveau de 0,8 Bq/l (20 pCi/l) d'activité bêta ne poserait aucun problème de contrôle; en fait, même là où la radioactivité naturelle ne représente qu'une fraction de l'activité bêta brute, il est tout à fait possible de maintenir la valeur totale bien au-dessous de 0,8 Bq/l, même en présence de grandes installations nucléaires, si l'on traite à la source les décharges rendues artificiellement radioactives.

Les niveaux de 0,1 Bq/l (3 pCi/l) et de 0,8 Bq/l (20 pCi/l) pour les activités brutes alpha et bêta ont été fixés comme «seuils d'action», c'est-à-dire qu'il n'y aura aucune mesure particulière à prendre aussi longtemps que les concentrations restent inférieures ou égales à ces niveaux.

7.1 Concentrations dans l'eau, calculées sur la base des niveaux d'irradiation annuels

Les limites d'irradiations annuelles (LIA) recommandées par la CIPR ont été établies sur la base des équivalents de dose recommandés par la Commission (4). Ces valeurs, calculées pour un certain nombre de radionucléides par Adams et al. (13), ont été publiées pour servir d'orientation en anticipant sur les valeurs définitives que doit faire connaître le Comité 2 de la CIPR. Ce sont ces valeurs recommandées qui ont été utilisées pour calculer les concentrations de certains radionucléides susceptibles de se trouver dans l'eau de boisson et qui ne doivent pas dépasser un équivalent de dose annuel de 0,05 mSv (5 mrem).

Les valeurs figurant dans le tableau ci-après montrent que les niveaux proposés de 0,1 Bq/l (3 pCi/l) pour les émetteurs de rayonnement alpha brut, et de 0,8 Bq/l (20 pCi/l) pour les émetteurs de rayonnement bêta brut ne dépasseront pas l'équivalent de dose annuel effectif de 0,05 mSv qui a été fixé comme critère général raisonnable pour la contribution apportée à l'irradiation totale par l'eau de boisson. Même si les niveaux actuels d'iode-129 sont très faibles, et s'il faut s'attendre à les voir augmenter avec le temps au fur et à mesure que se développeront les applications bénéfiques de l'énergie nucléaire, les calculs montrent que les concentrations de ce radionucléide

Valeurs d'apport ne devant pas dépasser 0,05 mSv/an, calculées
sur la base d'une limite d'irradiation annuelle de 0,05 Sv/an

Nucléide	ALI ^a (Bq)	Absorption de 2 litres d'eau/jour (pCi/l)	(Bq/l)
³ H ^b	3 · 10 ⁹	1 · 10 ⁵	4000
⁵⁸ Co	5 · 10 ⁷	2 · 10 ³	60
⁶⁰ Co	7 · 10 ⁶	3 · 10 ²	10
⁸⁹ Sr	2 · 10 ⁷	7 · 10 ²	30
⁹⁰ Sr	2 · 10 ⁶	7 · 10 ¹	3
¹²⁹ I	5 · 10 ⁵	2 · 10 ¹	0,6
¹³¹ I ^c	1 · 10 ⁶	4 · 10 ¹	2
¹³⁴ Cs	3 · 10 ⁶	1 · 10 ²	4
¹³⁷ Cs	4 · 10 ⁶	2 · 10 ²	6
²²² Rn ^b	2 · 10 ⁸	7 · 10 ³	300
²²⁶ Ra	1 · 10 ⁵	4 · 10 ⁰	0,2
²²⁸ Ra	7 · 10 ⁴	3 · 10 ⁰	0,1
²⁴¹ Am ^d	8 · 10 ⁴	3 · 10 ⁰	0,1

^a (13) Donné à titre d'orientation avant parution des valeurs définitives établies par la CIPR.

^b Valeurs additionnelles calculées par N. Adams et communiquées au groupe de travail par M. Hesketh.

^c Sur la base d'un effet non stochastique sur la thyroïde.

^d Proposé dans la publication 30 de la CIPR, à paraître prochainement.

sont au-dessous du niveau de 0,8 Bq/l (20 pCi/l).^a L'équivalent de dose annuel réel qui résulte des concentrations actuelles de radionucléides dans l'eau de boisson — sauf pour certaines sources d'approvisionnement atypiques dont la teneur en radium-226 et 228 peut être plus élevée — va se situer bien au-dessous du niveau de 0,05 mSv (5 mrem) indiqué.

Si les autorités compétentes jugent souhaitable de réduire la teneur en éléments à l'origine d'activité alpha brute, quand celle-ci dépasse 0,1 Bq/l (~ 3 pCi/l) par suite de la présence de radium-226 et/ou de radium-228, différents moyens sont à leur disposition pour ce faire.

Les calculs ont également démontré que les niveaux de tritium et de radon-222 nécessaires pour assurer une irradiation de 0,05 mSv (5 mrem) dépassent de loin ce qui a été enregistré pour les autres radionucléides. En ce qui concerne le tritium, il a été suggéré de notifier aux autorités compétentes la nécessité de prendre des mesures lorsque le niveau atteint 40 Bq/l (~ 1000 pCi/l), ce qui est bien inférieur aux 4000 Bq/l ($\sim 100\ 000$ pCi/l) indiqués dans le tableau. De plus, en utilisant des modèles de dose qui existent, mais ne sont pas acceptés par tous, il est possible de calculer la concentration de radon-222 correspondant à un équivalent de dose annuel de 0,05 mSv. Cette valeur calculée est sensiblement inférieure aux concentrations trouvées dans certains puits profonds où elles peuvent atteindre jusqu'à 800 Bq/l pour le radon-222. Toutefois, comme il a été indiqué à la section 6.5, il est nécessaire de déterminer quelle proportion du radon présent dans l'eau est réellement absorbée avec l'eau consommée, par rapport à celle qui se dégage et est inhalée au moment où l'on tire l'eau au robinet. Il faut aussi noter que seule une petite fraction de la ration hypothétique des 2 litres d'eau par jour sera vraisemblablement consommée dans l'état où elle sort du robinet.

8. AUTRES PROBLEMES

De l'avis du groupe de travail, il serait nécessaire d'étudier le problème du radon dégagé au cours du traitement d'eau souterraine contenant une forte quantité de ce gaz, à cause des potentialités d'exposition par inhalation.

Lorsque l'on traite des eaux afin d'en éliminer certains radionucléides spécifiques, il faut se préoccuper de la protection des travailleurs de l'usine de traitement, et vérifier s'ils ne se trouvent pas exposés professionnellement

^a Toutefois, l'iode-129 étant un émetteur de radiations bêta molles, les mesures de l'activité brute ne sauraient donner satisfaction; c'est un aspect qu'il faudra considérer si les recherches futures montrent que ce radionucléide est présent de façon suffisamment notable dans l'eau de boisson.

à l'effet cumulatif des radiations émises dans les unités de traitement, ou par les boues ou autres déchets produits au cours du traitement. Pour réduire au minimum l'exposition des populations, les déchets doivent être évacués d'une manière offrant toutes garanties de sécurité.

Le changement de valence du plutonium lorsque, au cours du traitement, l'on ajoute à l'eau du chlore ou d'autres oxydants, est un problème qui doit être soigneusement examiné (14); il sera nécessaire de vérifier si une modification de la LIA du plutonium se justifie ou non.

Il conviendrait d'accumuler des informations sur l'efficacité du traitement quant à l'élimination des radionucléides de l'eau souterraine ou superficielle, afin de disposer de données plus significatives que celles qui sont fondées sur des études de laboratoire faites avec des eaux artificiellement produites, simulées ou distillées.

9. CONCLUSIONS

Le groupe de travail est parvenu à la conclusion qu'il fallait maintenir à son taux actuel de 0,1 Bq/l (~ 3 pCi/l) le niveau d'activité alpha brute dans l'eau de boisson, basé sur l'exposition au radium-226, et abaisser à 0,8 Bq/l (~ 20 pCi/l) le niveau d'activité bêta brute, ce dernier étant établi en partant de l'hypothèse que toute l'activité bêta de l'eau de boisson provient du strontium-90. Ces niveaux représentent une fraction des niveaux calculés à partir des équivalents de dose effectifs annuels recommandés par la CIPR pour la part imputable à l'homme (voir ci-dessus), et sont en accord avec le principe fondamental selon lequel le niveau d'exposition doit être maintenu aussi faible que la chose est réalisable. La concentration de 0,8 Bq/l (~ 20 pCi/l) a été retenue parce que la somme des niveaux d'activité alpha et bêta brute, calculés à partir du radium-226 et du strontium-90, ne dépassera pas 0,05 mSv (5 mrem), soit une fraction seulement de l'équivalent de dose annuel recommandé par le groupe de travail et considéré comme raisonnable pour l'irradiation venant de l'eau de boisson.

10. RECOMMANDATIONS

1) D'après les données provenant de plusieurs pays, il existe de grandes collectivités dont l'eau de boisson (tirée des nappes souterraines) contient du radon à des concentrations pouvant atteindre 20 000 pCi/l à la source. Le radon est un gaz rare dont il est facile de débarrasser l'eau par aération ou

battage. Toutefois, il n'est pas encore possible de calculer avec précision quelle est la dose réellement absorbée par une personne qui boit de l'eau contenant ce gaz. Pour aider à évaluer ce risque, il faudrait faire des recherches sur les concentrations réelles de radon dans l'eau de boisson, et sur la relation entre la concentration du gaz dans l'eau sortant du robinet et les doses ingérées ou inhalées de ce fait.

2) Dans certaines régions, les populations ont été exposées pendant de nombreuses années à des niveaux exceptionnellement élevés de radioactivité naturelle dans l'eau de boisson. Il faudrait donc envisager d'entreprendre des enquêtes épidémiologiques sur les effets sanitaires qui sont importants aux fins de l'évaluation et de l'identification des risques potentiels, à condition de tenir suffisamment compte des facteurs concurrents.

3) Il est indispensable de bien connaître les niveaux de radioactivité dans l'eau de boisson si l'on veut pouvoir prendre en connaissance de cause des décisions sur le plan de la santé publique. Il conviendrait donc d'encourager un examen radiologique périodique des approvisionnements en eau par les autorités nationales compétentes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mitchell, N.T. Examen radiologique. In : *Méthodes d'analyse employées dans la lutte contre la pollution de l'eau*, Volume 2, Chapitre 5 (en préparation. A paraître chez Pergamon Press, Oxford, pour le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe).
2. International Commission on Radiological Protection. Report of Committee 2 on permissible dose for internal radiation (1959), ICRP publication 2. *Health physics journal*, 3:1 – 380, (1960); ICRP publication 2 was modified by ICRP publication 6, Oxford, Pergamon Press, 1964.
3. International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (as amended 1959 and revised 1962), ICRP Publication No. 6, Oxford, Pergamon Press, 1964.
4. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted 17 January 1977), ICRP publication 26. *Annals of the ICRP*, Sowby, F.D., ed., Oxford, Pergamon Press, 1977.
5. Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants. *Effets des rayonnements ionisants*. 1977. Rapport à l'Assemblée générale, avec annexes. New York, Nations Unies, 1977.

6. **US Environmental Protection Agency.** *Radon in water sampling program.* Report EPA/EERF-Manual-78-1 (mimeographed). Washington, 1978.
7. **Snihs, J.O.** The content of some natural radioactive elements, especially ^{222}Rn , in some potable waters in Sweden. *Nordic Hydrology*, 4:256-274 (1973).
8. **Asikainen, M. & Kahlos, J.H.** *Radioactivité naturelle des eaux souterraines et superficielles en Finlande.* Rapport STL-A24. Helsinki, Institut de Protection radiologique, 1977 (en finlandais).
9. **Kahlos, H. & Suomela, M.** *Studies on the elimination data and the radiation exposure following ingestion of Radon-222 rich water.* Report SFL-A16. Helsinki, Institute of Radiation Physics, décembre 1970.
10. **Lindell, B.** Ingested radon as a source of human radiation exposure. *Proceedings of the First International Congress of Radiation Protection*, Rome, 5-10 septembre 1966. New York, Pergamon Press, 1968.
11. **Hursh, J.B. et al.** The fate of radon ingested by man. *Health physics journal*, 11 (6): 465-476 (1965).
12. **von Döbeln, W. & Lindell, B.** Some aspects of radon contamination following ingestion. *Arkiv för fysik*, 27 (32): 531-572 (1964).
13. **Adams, N. et al.** *Annual limits of intake of radionuclides for workers.* Report NRPB-R82, National Radiological Protection Branch, Harwell, Royaume-Uni, octobre 1978.
14. **Larsen, R.P. & Oldham, R.D.** Plutonium in drinking-water: effects of chlorination on its maximum permissible concentration. *Science*, 201 (4360): 1008-1009 (1978).

Annexe I

RECHERCHE DU RADON-222 : METHODES D'ECHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE

Echantillonnage

Le radon étant un gaz, des précautions particulières sont nécessaires pour empêcher les pertes au cours de l'échantillonnage. De façon générale, on respectera les règles suivantes :

- a) avant de prélever l'échantillon, laisser l'eau couler jusqu'à ce qu'elle soit à température constante;
- b) rincer avec l'eau à analyser tout le matériel de prélèvement qui se trouvera en contact avec l'échantillon;
- c) pendant le prélèvement de l'échantillon, faire couler l'eau doucement afin qu'elle ne s'aère pas. Il faut éviter tout contact de l'eau avec l'air entre la source du prélèvement (robinet) et la bouteille où est recueilli l'échantillon;
- d) procéder aux mesures aussi rapidement que possible après le prélèvement de l'échantillon, à cause de la désintégration du radon-222 (dont la période est d'environ 3,8 jours) et de la formation de radon à partir du radium-226 qui peut être présent dans l'eau.

Mesure par la méthode de dé-émanation

Cette méthode, sélective, est la plus sensible, et permet de détecter des valeurs de l'ordre de 1 pCi/l. Le matériel spécial nécessaire (compteurs et détecteur) n'est pas très onéreux, puisqu'on peut se servir du même appareillage électronique que pour la détection de la radioactivité alpha brute.

L'échantillon devra être recueilli dans une bouteille pouvant être utilisée pour la dé-émanation (récipient pour lavage de gaz pouvant être rendu étanche à l'air). Au laboratoire, on extraira de l'eau le radon en faisant passer à travers l'échantillon de petites bulles de gaz inerte (He) et en laissant le gaz s'écouler dans une chambre transparente (chambre de comptage) dont la paroi intérieure aura été revêtue d'une mince couche de LnS activé à l'argent. Le débit peut être fixé par l'intermédiaire d'un circuit en vase clos ou d'un système de vide fermé.

Le compteur est monté sur un détecteur consistant en un photomultiplicateur avec un couvercle opaque; on dénombre les scintillations alpha.

Annexe II

REVISION DES NORMES DE L'OMS POUR L'EAU DE BOISSON

5. EXAMEN RADIOLOGIQUE

5.1 Radioactivité de l'eau de boisson

Les taux de radioactivité indiqués ci-dessous sont conformes aux recommandations de la Commission internationale de Protection radiologique (CIPR); ils ont été établis afin de donner aux fournisseurs d'eau et/ou aux autorités nationales compétentes des indications sur ce que les teneurs admissibles des eaux de boisson peuvent contenir en éléments radioactifs. Pour déterminer si la teneur de leur eau répond à ces valeurs spécifiques, les fournisseurs ou les autorités compétentes doivent avoir des informations sur les taux réels de radioactivité de cette eau. Ceux-ci peuvent être mesurés directement, mais il est possible aussi de compléter ou de remplacer cette mesure directe — à condition que les autorités jugent cette méthode acceptable — par d'autres données ou informations relatives au niveau de radioactivité dans l'approvisionnement en eau de boisson.

En calculant les concentrations spécifiques, on a tenu compte du fait que l'eau de boisson n'est pas la seule source d'irradiation; il est fondamental, pour garantir la santé et la sécurité de la population, de contrôler l'irradiation totale à laquelle sont soumis les individus. On a donc pris en considération aussi la radioactivité qui émane directement tant des sources naturelles que des activités humaines.

Les taux de concentration ont été calculés de manière à correspondre tout au plus à la limite d'équivalent de dose annuel effectif applicable à l'eau de boisson, et qui est une fraction minime de la limite d'irradiation résultant des activités humaines recommandée par la CIPR pour l'exposition corporelle totale durant la vie entière (1). Lorsque ces taux sont dépassés, les autorités compétentes devront décider des mesures à prendre éventuellement. Les taux ont été calculés en vertu du principe fondamental de la protection radiologique, selon lequel l'irradiation doit être maintenue à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, et à condition de ne pas dépasser les limites d'équivalent de dose appropriées (1) (paragraphe 10).

De façon générale, les erreurs imputables à la non-représentativité des échantillons et aux déviations par rapport aux schémas métaboliques posés en hypothèse (1) ou à la consommation journalière d'eau prêtée aux adultes (2 litres par personne et par jour) ne devraient pas avoir grande importance.

Cependant, lorsque l'on sait que la consommation moyenne d'eau diffère sensiblement de ce qui a été indiqué, il faudra pondérer en conséquence les chiffres spécifiés.

Les concentrations indiquées se réfèrent à l'activité alpha brute, à l'activité bêta brute et, le cas échéant, à celle du tritium. A l'inverse des mesures concernant des radionucléides bien précis, comme le tritium, la mesure de l'activité brute est rarement une bonne indication de la toxicité véritable, même si elle permet d'établir une estimation pessimiste sur la base de la présence des seuls radionucléides les plus toxiques. En conséquence, il a été suggéré d'analyser de temps à autre un radionucléide approprié, pour permettre une évaluation plus précise de la radiotoxicité. Il faudrait procéder de même quand on choisit de nouvelles sources d'approvisionnement en eau.

Il convient de souligner que les concentrations précisées ci-après constituent une simple indication des cas dans lesquels la prise de mesures par le fournisseur d'eau était nécessaire, ou au contraire inutile.

Lorsque la radioactivité de l'eau de boisson — qui représente une petite fraction des limites autorisées par la CIPR — est due dans une certaine mesure aux infiltrations provenant des déversements d'installations nucléaires ou autres, on pourra arriver à la maintenir au plus bas, sans qu'il en soit toujours nécessairement ainsi. Il en va de même pour la radioactivité venant directement de sources naturelles. Dans un cas comme dans l'autre, il appartient aux autorités compétentes de décider à chaque fois si de telles doses sont acceptables ou non, en pesant les risques au regard des bénéfices, compte tenu de la situation économique et sociale, comme le recommande la CIPR (1).

On notera enfin que ce qui est dit ci-dessous concernant l'observation et les mesures de suivi s'applique uniquement aux conditions habituelles d'exploitation. Pour les cas d'urgence ou de catastrophe, les autorités compétentes et les fournisseurs d'eau devront établir ensemble des plans spéciaux en fonction des circonstances locales.

Maintenir la radioactivité de l'eau de boisson dans des limites de sécurité ne suffit pas; il faut encore qu'elle reste aussi faible que possible, et c'est pourquoi il est recommandé de ne pas admettre le déversement indiscriminé de déchets qui pourraient contaminer les sources d'approvisionnement; on parviendra ainsi à contrôler la radioactivité dans la mesure où elle est due à l'action de l'homme, et qui a été prise en compte aussi bien que la radioactivité naturelle dans le calcul des niveaux indiqués. Sur le plan radiologique, ces niveaux représentent un «seuil d'action» au-dessous duquel l'eau peut être considérée comme potable sans qu'il soit besoin de procéder à des analyses plus complexes.

Les niveaux ainsi proposés sont :

- pour la radioactivité alpha brute — 0,1 Bq/l (~ 3 pCi/l)
- pour la radioactivité bêta brute — 0,8 Bq/l (~ 20 pCi/l)

Pour comparer à ces niveaux la radioactivité de l'eau d'une source déterminée, on fera la moyenne de toutes les mesures obtenues au cours d'une période d'échantillonnage appropriée. La fréquence des prélèvements est une question de jugement, mais il est évident qu'elle doit être suffisante pour que l'on puisse se fier en permanence à la qualité de l'eau. Dès lors que l'on est fondé à soupçonner une augmentation ou une modification notable de la contamination radioactive, il faudra recueillir de nouveaux échantillons et les étudier sans délai.

Les seuils d'action indiqués ci-dessus ont été établis en partant de l'hypothèse que la radioactivité est due à la présence des radionucléides les plus toxiques, à savoir le ^{226}Ra et/ou le ^{90}Sr .

En ce qui concerne les activités alpha et bêta brutes, les méthodes d'analyse doivent être choisies en accord avec les autorités compétentes et compte tenu des conditions locales. On trouvera publiées, par ailleurs, des techniques de prélèvement d'échantillons et de mesure des niveaux de radioactivité brute dans l'eau ainsi que des méthodes applicables à l'analyse de certains radionucléides spécifiques (2).

Si les analyses font apparaître que l'activité alpha et/ou bêta brute dépasse les valeurs indiquées ci-dessus, il conviendra d'en aviser les autorités nationales compétentes. Celles-ci prendront les mesures qui s'imposent en fonction du niveau de radioactivité enregistré et des radionucléides en cause.

5.1.1 *Activité alpha*

Avant de commencer l'analyse, on éliminera la radioactivité due au ^{222}Rn et au ^{220}Rn . Une seconde mesure, effectuée après désintégration de ces substances, permettra de décomposer la contribution de leurs produits de filiation à courte période.

Lorsque la radioactivité alpha est inférieure à 0,1 Bq/l ($< \sim 3$ pCi/l), aucune recherche complémentaire n'est nécessaire, mis à part les examens de routine que pourraient requérir les autorités compétentes.

Si l'activité alpha dépasse 0,1 Bq/l ($> \sim 3$ pCi/l), il faut procéder à une nouvelle analyse de l'eau, avec, si l'autorité compétente l'estime nécessaire, recherche du ^{226}Ra et autres radionucléides.

Les radionucléides suivants ont été identifiés comme radionucléides d'origine naturelle, émetteurs de rayonnements alpha et hautement toxiques : ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Po , ^{232}Th , ^{234}U et ^{238}U . On leur trouve en outre associés parfois des émetteurs bêta comme le ^{228}Ra et le ^{210}Pb , qui ont des descendants émettant des rayonnements alpha. C'est en fonction des données hydrogéologiques et autres informations locales que l'on déterminera s'il est nécessaire de rechercher dans l'eau des radionucléides particuliers. Si besoin est, on s'adressera pour cette recherche aux laboratoires régionaux et nationaux qui possèdent le personnel spécialisé et l'appareillage requis.

Lorsqu'il apparaît à l'examen de l'eau que la radiotoxicité combinée des divers radionucléides dépasse le niveau de 0,1 Bq/l (≈ 3 pCi/l) de ^{226}Ra , la question doit être transmise aux autorités appropriées pour étude et avis.

Radon

On a trouvé dans l'eau venant de puits profonds dans certaines formations géologiques des teneurs en radon dépassant les 800 Bq/l ($\approx 20\ 000$ pCi/l) (3-6). Les études ont révélé que le risque venant de l'inhalation du radon, lorsque l'on tire l'eau au robinet dans la maison, est plus grand que le risque consécutif à l'ingestion de l'eau (3). Le radon devra donc être considéré compte tenu de ces deux facteurs.

5.1.2 *Activité bêta*

Une radioactivité bêta, mesurée sur un échantillon d'eau, et inférieure à 0,8 Bq/l (≈ 20 pCi/l) est acceptable sans autre examen, à part les contrôles de routine que pourraient demander les autorités responsables.

Lorsque l'activité bêta dépasse 0,8 Bq/l (≈ 20 pCi/l), il faut décompter l'apport du ^{40}K . Si l'activité résiduelle demeure supérieure à 0,8 Bq/l (≈ 20 pCi/l), cela peut vouloir dire que la source d'eau a été contaminée, et un nouvel examen devra être pratiqué sur recommandation des autorités appropriées.

On a reconnu comme hautement toxiques les radionucléides bêta-émetteurs suivants : ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I et ^{60}Co . La décision de rechercher dans les eaux ces radionucléides particuliers devra être prise en fonction des données locales sur le déversement dans le bassin aquifère de radionucléides spécifiques à la suite de diverses opérations. Là où cela sera nécessaire, on s'adressera aux laboratoires régionaux et nationaux disposant des compétences et du matériel requis pour cet examen.

Tritium

Lorsqu'on soupçonne l'eau de contenir du ^3H à la suite d'activités humaines, une analyse spéciale doit être effectuée pour doser ce radionucléide. Si la radioactivité dépasse 40 Bq/l (≈ 1000 pCi/l), il faudra avertir les autorités compétentes et identifier l'origine de cet excès de tritium dans l'eau.

On notera que les techniques de mesure de la radioactivité bêta globale habituelles sont inapplicables dans ce cas de radionucléides tels que le ^3H , le ^{14}C et d'autres émetteurs de rayonnements bêta mous.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **International Commission on Radiological Protection.** Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted 17 January 1977), ICRP Publication 26. *Annals of the ICRP*, Sowby, F.D., ed., Oxford, Pergamon Press, 1977.
2. **Mitchell, N.T.** Examen radiologique. In : *Méthodes d'analyse employées dans la lutte contre la pollution de l'eau*, Volume 2, Chapitre 5 (en préparation. A paraître chez Pergamon Press, Oxford, pour le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe).
3. **Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants.** *Effets des rayonnements ionisants*. 1977. Rapport à l'Assemblée générale, avec annexes. New York, Nations Unies, 1977.
4. **Snihs, J.O.** The content of some natural radioactive elements, especially ^{222}Rn , in some potable waters in Sweden. *Nordic Hydrology*, 4: 256-274, 1973.
5. **Asikainen, M. & Kahlos, J.H.** *Radioactivité naturelle des eaux souterraines et superficielles en Finlande*. Rapport STL-A24. Helsinki, Institut de Protection radiologique, 1977 (en finlandais).
6. **Duncan, D.L. et al.** *Radon-222 in potable waters*. Presented at the 10th Mid-year Technical Symposium of the Health Physics Society, 11-13 octobre 1976, Saratoga Springs, NY. Troy, Rensselaer Polytechnic Institute, 1976.

Annexe III

COMPOSITION DES SOUS-GROUPES

Sous-Groupe I – Niveaux d'irradiations

M. Bouquiaux (<i>Directeur des débats</i>)	M. Kool
Dr Dean (<i>Rapporteur</i>)	Mme Salo
Dr Gans	

Le sous-groupe a été ultérieurement élargi, et modifié comme suit :

Dr Dean (<i>Directeur des débats</i>)	M. Fraser
Dr Gans	Dr Holmberg
M. Kool	Dr Mastinu
Mme Salo	Dr Suess
Dr Ellett	Dr Straub (<i>Rapporteur</i>)

Sous-Groupe II – Méthodes de recherche du radon (échantillonnage et analyse)

M. Cantillon (<i>Directeur des débats</i>)	M. Mattern (<i>Rapporteur</i>)
Dr Havlik	Mme Swedjemark
Dr Mastinu	

Sous-Groupe III – Radionucléides spécifiques

Dr Nenot (<i>Directeur des débats</i>)	Dr Holmberg
Dr Elias	M. Ledich
Dr Ellett	Dr Straub (<i>Rapporteur</i>)
M. Fraser	Dr Suess
Dr Frantz	Dr Taylor
M. Hesketh	

Sous-Groupe IV – Critères applicables à la teneur en radon de l'eau de boisson

Mme Salo (<i>Directeur des débats</i>)	Dr Mastinu
Dr Havlik	Mme Swedjemark
Dr Holmberg (<i>Rapporteur</i>)	

Sous-Groupe V – Introduction aux nouvelles normes envisagées par l'OMS pour l'eau de boisson

Dr Gans	Dr Kool
M. Fraser	

Annexe IV

LISTE DES PARTICIPANTS

Conseillers temporaires

- M. J. Bouquiaux, Chef du service de l'Environnement, Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie de Bruxelles, Belgique (*Vice-président*)
- M. G.E. Cantillon, Chef de la section de la radioactivité, Département de l'Environnement, Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie de Bruxelles, Belgique
- Dr R.B. Dean, Consultant pour la Technologie et les Sciences de l'Environnement, Copenhague, Danemark
- Dr P.S. Elias, Directeur du Projet international en matière d'irradiation des aliments, Institut de Technologie des Radiations, Karlsruhe, République fédérale d'Allemagne
- Dr W.H. Ellett,^a Chief, Bioeffects Analysis Branch, Criteria and Standards Division, Office of Radiation Programs, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA
- M. G. Fraser, Direction de Santé et de Sécurité, Commission des Communautés européennes, Luxembourg, Grand Duché de Luxembourg
- Dr Anny Frantz, Chef du Département de Radiologie, Institut fédéral de la Qualité de l'Eau, Vienne, Autriche
- Dr I. Gans, Chef du Département de Recherches sur la Radioactivité, Institut d'Hygiène de l'Eau, du Sol et de l'Air, Berlin (Ouest)
- Dr B. Havlik, Chef de la Branche d'Hygiène de l'Eau, Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Prague, Tchécoslovaquie
- M. G.E. Hesketh, Radiochemical Inspector, Department of the Environment, Londres, Royaume-Uni
- Dr L. Holmberg, Chef de la section des normes et standards, Institut national de Protection radiologique, Stockholm, Suède
- M. H.J. Kool, Chef du laboratoire de microbiologie et de radiologie, Division de Chimie biologique, Institut national de l'Eau, Leidschendam, Pays-Bas

^a A temps partiel seulement

Professeur A.R. Lafontaine,^a Directeur de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Bruxelles, Belgique

M. A.F. Ledich,^a Chef du Département de Radiologie, Institut fédéral de Contrôle et de Recherche sur les Produits alimentaires, Vienne, Autriche

Dr G. Mastinu, Laboratoire de géochimie de l'environnement, Département de Protection radiologique, Division de la Protection de l'Environnement, Commission nationale de l'Energie nucléaire (CNEN), Rome, Italie

M. F.C.M. Mattern, Chef de la Division radiochimique, Laboratoire de physique, Institut national de la Santé publique, Bilthoven, Pays-Bas

Dr J.-C. Nenot, Sous-chef du Comité de radioprotection, Commissariat à l'Energie atomique, Fontenay-aux-Roses, France (*Président*)

Mme L.A. Salo, Chef du Département de Recherche, Institut de Protection radiologique, Helsinki, Finlande

Professeur C.P. Straub, Director, Environmental Health Program, School of Public Health, University of Minnesota, Minneapolis, USA (*Rapporteur*)

Mme G.A. Swedjemark, Chef du Laboratoire de l'environnement, Institut national de Protection radiologique, Stockholm, Suède

Dr N.R.W. Taylor, Senior Medical Officer, Department of Health and Social Security, Londres, Royaume-Uni

Bureau régional de l'Europe

Dr M.J. Suess, Fonctionnaire régional pour les Risques liés à l'environnement (*Secrétaire*)

^a A temps partiel seulement

