

**COLLOQUE  
SUR LA RADIOPROTECTION**

Mondorf-les-Bains (Grand-Duché de Luxembourg)

**31 mai - 2 juin 1967**

Communautés Européennes

La Commission

**juin 1968**



# COLLOQUE SUR LA RADIOPROTECTION

Mondorf-les-Bains (Grand-Duché de Luxembourg)

**31 mai - 2 juin 1967**

**Evaluation de la contamination interne  
Attitude du service médical en cas de surexposition  
Risques associés dans les installations nucléaires**

Edité par

**Dr P. Recht et Dr A. Jolivet**

Direction générale des Affaires Sociales

Direction de la Protection Sanitaire

Publié par les Communautés Européennes  
Direction générale Diffusion des Connaissances

**EUR 3740 d,f,i,n**

REMARQUE

La Commission des Communautés Européennes et ses services ne sont pas responsables de l'emploi qui sera fait des informations contenues dans le présent document.

FB 100,—	FF 10,—	DM 8,—	Lit. 1 250	Fl. 7,25	\$ 2,—
----------	---------	--------	------------	----------	--------

## TABLE DES MATIERES

Préface . . . . .	5
I. Niveaux d'investigation — Interprétation des résultats et traitement de la contamination interne . . . . .	7
II. Attitude du médecin du travail en cas de surexposition . . . . .	27
III. Risques associés aux rayonnements ionisants . . . . .	47
Liste des participants . . . . .	69



## Préface

Le Colloque de Mondorf, organisé par la Direction de la Protection sanitaire de l'EURATOM en mai 1967, a été consacré à quelques problèmes pratiques que pose aux services médicaux et aux physiciens sanitaires l'application des normes de base. Il a réuni une centaine de participants spécialisés en radio-protection : médecins appartenant aux centres nucléaires, aux administrations nationales du Travail et de la Santé publique, toxicologues et physiciens sanitaires.

Nous avons pensé qu'il était opportun de publier les rapports et les échanges de vues qui ont concerné trois thèmes d'actualité importants du point de vue du fonctionnement des services de surveillance sanitaire et au sujet desquels il est apparu que des difficultés d'interprétation existaient, de même que certaines lacunes dans l'état des connaissances scientifiques. Ces trois thèmes sont :

- l'évaluation de la contamination interne et son traitement,
- l'attitude du service médical en cas de surexposition des travailleurs nucléaires,
- les « risques associés » dans les installations nucléaires.

Le présent document contient le texte des rapports qui ont été présentés et un résumé des principales interventions dans la discussion.

Le Colloque de Mondorf s'est déroulé dans une atmosphère d'excellente compréhension entre les représentants des différentes disciplines; il a apporté la preuve que la Commission de l'Euratom a raison d'attacher à ces colloques une grande importance, car c'est au cours de réunions de ce genre que l'on peut apprécier d'une façon réaliste dans quelle mesure les normes de base, proposées par l'Euratom en 1958, non seulement reçoivent les suites réglementaires qu'elles doivent comporter, mais démontrent aussi qu'elles sont efficaces et susceptibles de répondre aux objectifs essentiels de la radioprotection : prévention légale et technique et maîtrise du risque radioactif.

Dr P. RECHT



## CHAPITRE I

### Niveaux d'investigation, interprétation des résultats et traitement de la contamination interne

#### Dr RECHT (Euratom)

Les problèmes que posent l'évaluation de la contamination interne et son traitement sont nombreux et complexes. Il nous a paru utile de demander au Dr Lafuma, qui est un spécialiste de ces questions, de nous expliquer comment il les voit et de présenter un certain nombre de principes et de règles qui pourraient être appliqués sur un plan pratique.

Son rapport comprend quatre parties :

- choix des niveaux de mesure,
- interprétation des examens,
- mesures de la contamination interne,
- thérapeutique.

#### Dr LAFUMA (France)

Il n'y a pas, semble-t-il de doctrine très définie en ce qui concerne les *niveaux d'investigation*, c'est-à-dire les seuils d'activité décelée à partir desquels on prend un certain nombre de décisions.

Par ailleurs, pour déterminer une contamination interne dans un organe à partir des examens d'urines ou des fèces en se basant sur des courbes telles que celles de Langham, les données fournies correspondent rarement à la réalité. C'est ainsi que le modèle métabolique utilisé pour le plutonium est considéré comme sans grande valeur par à peu près tous les auteurs.

Nous nous efforcerons au cours de cet exposé :

- a) de choisir les niveaux à partir desquels des mesures doivent être prises;
- b) de considérer comment peuvent être interprétées les données des examens des urines et des matières fécales pour apprécier la charge corporelle.

## A — Choix des niveaux

- a) Un niveau correspondant au  $1/10$  du « maximum permissible body burden » semble être généralement admis. D'autre part, le niveau à partir duquel une intervention sera décidée dépend souvent d'un examen urinaire en utilisant des équations telles que celles de Langham.

Dans un rapport présenté par un groupe de travail de l'ICRP, une autre notion a été utilisée pour définir le *niveau d'investigation*, c'est-à-dire celui à partir duquel de nouveaux examens devront être entrepris. C'est un niveau à partir duquel la dose engagée sur 50 ans est supérieure au  $1/20$  de la dose annuelle. Il correspond à la valeur de 0,25 rem pour le corps entier ou à 1,5 rem pour le squelette. Il se traduit par une *quantité d'activité*. Cette quantité d'activité peut être considérée du point de vue de la porte d'entrée (*intake*) : nez ou bouche. Elle peut être considérée sous l'angle de la diffusion à partir de la porte d'entrée dans le milieu intérieur (*uptake*). Elle peut enfin être considérée du point de vue de l'entrée dans l'organe de référence (*deposition*).

Ce niveau d'investigation doit tenir compte du fait que les examens d'urine ne sont pas faits tous les jours. Il doit tenir compte également du fait qu'une élimination biologique et qu'une décroissance radioactive entrent en jeu entre l'instant de la contamination et le moment du prélèvement.

- b) On a été par conséquent amené à définir un nouveau concept, à savoir celui de *niveau d'investigation dérivé*. Il correspond à la quantité d'activité qui reste dans l'organe ou dans le corps entier après un laps de temps exprimé en jours écoulés depuis le temps présumé de la contamination.

La mesure de ce niveau d'investigation dérivé peut être liée à l'excrétion pendant le même temps  $t$ . Le niveau d'investigation dérivé est fonction de la fréquence des échantillonnages, de la solubilité de l'élément au niveau de l'organe et de la période radioactive de l'élément.

Les radioéléments sont désormais classés en deux catégories selon qu'ils sont transportables ou non transportables. Ces deux termes ne se superposent pas exactement aux anciens termes de solubles ou insolubles. Le nouveau concept est essentiellement biologique et ne retient que le passage *réel* dans l'organisme et non plus l'état physico-chimique du radioélément avant sa mise en contact avec l'organisme. C'est ainsi que la solubilité d'un radioélément peut changer dès lors qu'il entre en contact avec la matière vivante. Par exemple l'iodure d'argent est insoluble mais lorsqu'il est inhalé, il se comporte comme s'il était soluble. Au contraire, le nitrate de plutonium, lorsqu'il est en solution, se comporte comme un colloïde insoluble lorsqu'il est inhalé, plus insoluble même que le métal.

Pour les radioéléments transportables de courte période, le niveau d'investigation sera celui à partir duquel la dose délivrée est égale au 1/20 de la dose annuelle. Il varie avec la fréquence de l'échantillonnage.

Considérons à cet égard le cas du tritium. Si l'examen des urines est effectué 15 jours après la contamination, ou si, ne connaissant pas la date de la contamination, on procède à un échantillonnage tous les 15 jours et que l'on admette que la contamination est intervenue le lendemain du dernier prélèvement, le niveau d'investigation sera de 18  $\mu\text{Ci}$  pour les urines de 24 heures. Si les prélèvements sont effectués mensuellement, le niveau d'investigation est de 6  $\mu\text{Ci}$  pour les urines de 24 heures. Pour une fréquence d'un prélèvement tous les 60 jours, le niveau est de 0,7  $\mu\text{Ci}$  pour les urines de 24 heures. La mesure par scintillation liquide qui donne une sensibilité de 0,1  $\mu\text{Ci}$  pour les urines de 24 heures, permet de déterminer un niveau d'investigation pour des prélèvements effectués tous les 84 jours. Ainsi, le prélèvement d'un échantillon tous les 84 jours permet avec une telle méthode de déceler une dose engagée correspondant au 1/20 de la dose annuelle.

Lorsque les radioéléments ont une longue période, comme c'est le cas pour les ostéotropes, la dose engagée sur 50 ans conduit à des valeurs beaucoup plus faibles. C'est ainsi que pour le plutonium-239, le niveau d'investigation qui correspond à une activité incorporée qui délivrerait 1,5 rem en 50 ans, correspond à une charge osseuse de 40 pCi. Pour le plutonium non transportable, la quantité incorporée dans le poumon serait de  $6 \cdot 10^{-4}$   $\mu\text{Ci}$ . Pour passer du niveau d'investigation au niveau d'investigation dérivé, on peut appliquer une formule dérivée de la formule de Langham :

$$\text{N.I.D.} = 500 \times U \times t^{0,74}$$

où U = mesure de l'échantillon urinaire

et t = nombre de jours entre 2 examens systématiques ou après un accident de contamination.

Si l'on admet une sensibilité de mesure dans l'urine de 0,05 pCi pour les urines de 24 heures, on s'aperçoit que l'on ne peut déceler un niveau d'investigation pour le plutonium qu'à la condition d'opérer un prélèvement chaque jour. Donc, pour les éléments à vie longue et notamment pour le plutonium, il n'y a pas de niveaux d'investigation dérivés à partir des examens d'urines. Il faudra déterminer la signification du prélèvement urinaire dès que celui-ci sera positif.

Lorsque les radioéléments sont non transportables, la contamination peut se faire :

- soit par inhalation,
- soit par voie digestive,
- soit par l'intermédiaire d'une blessure.

En fait, qu'il s'agisse d'une contamination par voie digestive ou par blessure, le mode d'action adopté est celui qui est valable pour les ostéotropes à vie longue. Et le niveau d'investigation n'est pas défini par une quantité, mais par la présence du radioélément, soit dans le tractus digestif, soit dans la blessure. Dès lors, il sera important de disposer de techniques de mesures très sensibles.

Pour le poumon, le niveau d'investigation est égal à  $1/10$  de la quantité qui serait retenue dans le poumon par un individu travaillant pendant un an à la CMA. Il y a lieu de diviser cette quantité par 2, c'est-à-dire qu'on adopte la valeur de  $1/20$  de la dose annuelle pour un individu travaillant en permanence à la CMA/air.

On mesure la charge pulmonaire :

- soit par comptage externe,
- soit par mesure de l'excrétion fécale.

Le *comptage externe* donne d'excellents résultats mais il n'est pas utilisable dans le cas du plutonium pour des concentrations de l'ordre du niveau d'investigation, parce que la sensibilité de l'appareil se situe en-dessous de la quantité qu'il faudrait déceler. Il faut donc mesurer l'excrétion fécale pour en déduire la charge pulmonaire en plutonium non transportable.

L'ancien modèle de l'ICRP permettait un calcul très simple, puisque les seules voies d'élimination reconnues étaient la « remontée » trachéobronchique et l'excrétion secondaire. La quantité qui restait dans le poumon pour les éléments non transportables était égale à  $1/8$  de la quantité totale et au  $1/6$  de la quantité excrétée par voie fécale. Il était ainsi possible d'apprécier la quantité restant dans le poumon.

Les nouveaux modèles introduisent un mode de rétention différent au niveau du nasopharynx et des alvéoles pulmonaires en fonction de la granulométrie, le nasopharynx étant épuré à peu près complètement, alors que l'alvéole pulmonaire ne l'est qu'à 40 % le premier jour et à 40 % le reste de l'année. En fait, la mesure de l'excrétion fécale dans les premiers jours ne peut plus donner la valeur de la charge pulmonaire si l'on ne dispose pas de la granulométrie de l'aérosol. Cette mesure n'est en réalité qu'un ordre de grandeur.

## B — Interprétation des examens

Le nouveau groupe de travail de l'ICRP n'a pas renié tout à fait l'esprit de l'ancien modèle métabolique des radioéléments. Ce modèle considérait que ce qui caractérisait essentiellement un radioélément, c'était sa nature chimique.

Ainsi, lorsque l'élément est dans le sang ou dans le L.E.C.<sup>(1)</sup> sa biologie est toujours la même, quel que soit le composé inhalé; et le modèle métabolique de l'élément considéré peut être simulé par une injection IV. Par ailleurs, cet ancien modèle insistait sur la notion de solubilité et sur la forme physico-chimique de l'élément avant la contamination. L'expérience a montré que cette vue du problème n'était exacte que lorsque, au pH de la matière vivante, l'élément chimique pouvait se trouver sous une forme ionique élémentaire monodispersée.

Cette condition n'est remplie que pour les éléments minéraux de valence 1 et de valence 2, c'est-à-dire pour les alcalins et les alcalino-terreux. Par contre, les éléments de valence 3 et de valence 4 s'hydrolysent au pH de la matière vivante et leur comportement biologique est différent. Ces derniers éléments ne peuvent jamais se trouver dans le plasma sous forme d'ions monodispersés comme le calcium et sont obligatoirement liés à une molécule anionique, soit un citrate, soit une protéine.

Le métabolisme de ces derniers éléments dépendra donc de la stabilité de liaison du complexe en circulation dans le sang.

Dans la réalité, nous savons que le radioélément ne peut passer dans la circulation qu'après avoir franchi une membrane biologique. Le comportement biologique sera différent selon que le radioélément sera mis au contact d'une blessure, d'alvéoles pulmonaires ou du tractus digestif.

Au niveau d'une *plaie*, ou au niveau du *poumon*, deux mécanismes vont intervenir simultanément et à des vitesses différentes :

- a) la complexation et la diffusion d'une fraction du radioélément,
- b) l'insolubilisation d'une autre fraction.

Ce double mécanisme intervient lorsque le plutonium est sous forme de métal ou sous forme de nitrate. Le premier de ces mécanismes est conditionné par la cohésion interne de la particule. En effet, lorsque du plutonium métal brûle dans l'air, il se recouvre d'une certaine couche d'oxyde de plutonium soluble qui diffuse rapidement. Par contre, certains nitrates de plutonium mis sous forme de solution colloïdale donnent des particules très cohérentes d'hydroxydes particulièrement insolubles.

Il y a donc dans un processus de contamination, deux évolutions biologiques qui interviennent simultanément :

- a) la diffusion rapide d'une fraction de l'ordre du millième de la quantité qui est dans le poumon ou dans la blessure.

---

<sup>(1)</sup> L.E.C. : liquide extra-cellulaire.

Le plutonium diffusé va dans le sang : une partie va dans l'os, une autre dans le rein, une autre dans le foie. Cette fraction qui diffuse rapidement est responsable de l'excrétion urinaire dans les 24 heures qui suivent une contamination. Cette excrétion ne dure que pendant une journée car elle ne représente qu'un faible pourcentage de la quantité incorporée;

- b) L'élimination plus lente d'une fraction du plutonium qui reste dans le poumon, qu'il soit sous forme d'hydroxyde, d'oxyde ou de métal et qui va se dégrader lentement et gagner la circulation sanguine. C'est ce plutonium qui s'élimine lentement que l'on retrouvera dans l'urine lorsque l'on fera des examens systématiques.

La fraction qui diffuse quotidiennement est rarement supérieure à  $10^{-4}$  de la quantité incorporée et pour certains oxydes de plutonium préparés à partir des oxalates, la solubilité du plutonium est telle sous cette forme qu'il ne diffusera pas plus de  $10^{-6}$  par jour de la quantité incorporée, c'est-à-dire que si l'on récupérerait dans l'urine tout le plutonium qui diffuse, l'élimination urinaire ne représenterait que  $10^{-6}$  de la charge de l'organe (poumon ou plaie).

Au niveau du *tube digestif*, le problème est un peu différent à cause des variations du pH dans le transit. Au niveau de *l'estomac* le milieu est acide. Certaines terres rares, certains hydroxydes qui étaient insolubles vont s'y solubiliser, certains complexes vont s'y détruire. Dans l'estomac, on pourra trouver des terres rares ou de l'américium sous forme ionique. Par contre, au pH de l'estomac, le plutonium qui a été insolubilisé ne repasse pas sous la forme ionique. Mais dans le cas particulier où le plutonium est absorbé sous la forme de citrate, celui-ci s'oxyde au niveau de l'estomac et se transforme en plutonium ionique à ce niveau. Cependant, la bile provoquera une nouvelle hydrolyse et une nouvelle insolubilisation avant que l'élément, quel qu'il soit, ne se trouve dans les zones où il pourrait être absorbé.

Pour les terres rares, les transplutoniens et le plutonium par conséquent, quelles que soient les modalités de la contamination, le radioélément se trouvera toujours dans le transit gastrointestinal sous une forme insoluble non transportable. Mais nous savons que l'insolubilité n'est jamais totale et qu'il y a toujours équilibre entre une certaine fraction solubilisée et les particules insolubles. Il y a toujours une légère absorption digestive qui varie entre  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  de la quantité en transit. La contamination interne se fera donc lentement et quotidiennement à partir du poumon ou de la blessure. La charge de l'os ne sera jamais mesurée à partir de l'élimination urinaire, celle-ci ne reflétant que ce qui est relargué par la porte d'entrée et l'os. Mais la période biologique de l'os est très longue et l'on ne mesure pratiquement dans l'urine que ce qui provient du poumon ou du tractus digestif.

Quel va donc être l'organe critique dans le cas d'une contamination par le plutonium?

Les données d'autopsies disponibles actuellement pour des travailleurs de l'industrie nucléaire exerçant leur métier depuis au moins 10 ans montrent que la charge osseuse en plutonium est un élément négligeable à côté de la charge hépatique et à côté de la charge pulmonaire.

L'expérience que l'on a depuis 10 ans sur des animaux contaminés par inhalation montre qu'on ne trouve des lésions pathologiques qu'au niveau des poumons, des ganglions trachéobronchiques et du foie. On n'a pas d'exemples d'ostéosarcomes lorsque le plutonium est administré localement ou par voie pulmonaire. En fait, les ostéosarcomes ne surviennent que si le plutonium est injecté sous forme complexée.

Les conditions sont différentes dans l'industrie nucléaire où, pratiquement, ce qui importe est de mesurer correctement la charge pulmonaire ou la charge d'une blessure et d'estimer la charge du foie. Cette dernière estimation est fort difficile à réaliser car le plutonium gagne le foie sous la forme particulière via les chaînes lymphatiques. On ne connaît pas encore aujourd'hui la dynamique du passage des radioéléments des ganglions trachéobronchiques au foie. Il semble cependant que le passage par cette voie soit de  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  par jour. Cette valeur n'est qu'un ordre de grandeur qui concorde cependant avec les résultats d'un certain nombre d'autopsies.

## C — Mesure de la contamination interne

*La mesure du plutonium* incorporé dans les poumons peut se faire :

- directement, ou
- indirectement.

*La mesure directe* s'effectue en plaçant sur la poitrine du sujet des détecteurs qui vont mesurer l'émission X du plutonium (celle-ci étant en moyenne de 15 keV et ne survenant que pour 4 % des désintégrations).

La méthode n'est que peu sensible. On peut améliorer la sensibilité cependant en augmentant la surface des détecteurs et en réduisant considérablement l'influence parasite du bruit de fond. Dans ce but, on utilise actuellement 2 types de détecteurs :

- soit un compteur proportionnel monté ou non avec un système anticoincidence. Ce système élimine le bruit de fond de l'ambiance, mais il est toujours sensible à des variations dans la bande d'énergie du plutonium dues au sujet lui-même et à sa charge en potassium-40 et en césium-137;
- soit un détecteur utilisant des cristaux d'iodure de césium et d'iodure de sodium. Un montage électronique permet de différencier les impulsions

venant de l'un et l'autre cristal à travers le même photomultiplicateur. En effet, les durées des impulsions lumineuses n'étant pas les mêmes, on élimine ainsi 2 impulsions venant simultanément par les mêmes cristaux et le même photomultiplicateur. Ce système permet ainsi d'éliminer les impulsions parasites provenant du césium et du potassium du sujet contaminé.

La sensibilité de ces méthodes va croissant. Il est actuellement possible de détecter dans les poumons une quantité globale de plutonium de l'ordre de  $10^4$  pCi. Sans être très précise, la mesure est certainement valable.

L'interprétation des données d'analyse de l'excrétion fécale est difficile et ne peut conduire qu'à un ordre de grandeur. Actuellement, on utilise de plus en plus le plutonium complexé. En fait, dans l'aérosol inhalé le plutonium soluble peut se trouver lié à des molécules organiques. Pour estimer correctement la charge corporelle ou celle du poumon, il faut connaître la biochimie du plutonium et de l'américium complexés.

Lorsqu'un complexe se trouve en contact avec la matière vivante, il peut y avoir une double réaction, d'une part avec les *cations* (les ions Ca par exemple en permanence dans la matière vivante vont tendre à remplacer le plutonium au sein de son complexe), d'autre part avec les *anions*, les protéines entrant en compétition avec l'anion du complexe de manière à capter le plutonium. Ce nouveau complexe peut être soluble, transportable donc diffusible. La réaction peut avoir lieu :

- au niveau de la porte d'entrée,
- au niveau du plasma.

Si le premier complexe est très stable et que l'ion Ca ne déplace pas le plutonium ou que la quantité d'anions soit telle que les protéines n'interviennent pas, la situation biologique est alors tout-à-fait comparable à celle des molécules marquées. Pour déplacer le plutonium, on utilise de plus en plus le DTPA. Ainsi complexé, le plutonium a une diffusion très grande en milieu biologique :

- 100 % du plutonium diffuse à partir du poumon,
- 25 à 30 % du plutonium diffuse à partir du tube digestif.

L'élément se concentre alors dans le rein. Le complexe est éliminé par excrétion urinaire avec une période de 90 minutes. Avec le plutonium ainsi complexé on ne peut donc utiliser les notions classiques en matière de biologie du plutonium. Cette méthode est très intéressante car de plus en plus dans l'industrie nucléaire, pour la séparation des transplutoniens, du plutonium et des terres rares, on utilise des complexes stables. Les séparations sont faites en changeant le pH. Par conséquent, les contaminations pourront être extrêmement variées avec les complexants les plus divers et avec des comportements métaboliques différents.

C'est là que l'examen des urines reprend tout son intérêt. Car les urines reflètent exactement la quantité de plutonium ainsi que la stabilité des complexes qui ont diffusé dans l'organisme.

Pratiquement, si l'on veut faire l'estimation d'une charge en plutonium, il faut tenir compte des trois facteurs de mesure suivants qui sont : l'excrétion fécale, l'excrétion urinaire et la détection externe de la contamination de la blessure ou de celle des poumons.

Seule la *détection externe* permettra, lorsque la quantité incorporée est suffisante, d'avoir la valeur exacte du plutonium qui se trouve, soit dans le poumon, soit dans la blessure.

La *mesure de l'excrétion fécale* donnera des indications sur l'ordre de grandeur du plutonium incorporé dans les poumons lorsque la quantité incorporée sera trop faible pour que l'on puisse pratiquer une détection externe.

L'*élimination urinaire* reflète le plutonium qui a gagné le courant sanguin et qui est susceptible par conséquent de se concentrer dans l'os. Elle reflète aussi la forme sous laquelle ce plutonium est passé dans le milieu sanguin.

Donc, *en routine*, il semble impossible actuellement d'apprécier en rem une dose pour les travailleurs exposés au plutonium. Il est seulement possible de déterminer en pCi une quantité éliminée dans les urines, et de donner un ordre de grandeur de la charge pulmonaire par mesure de l'excrétion fécale. Seule la détection externe pourrait permettre de donner une dose en rem au niveau des poumons.

Cependant, les techniques de surveillance utilisées en Europe sont telles que la mesure systématique par détection externe ne donnera que des résultats négatifs. Cette dernière technique n'est valable qu'en cas d'accident. En routine, en raison des faibles niveaux de contamination, la seule technique possible est la mesure des prélèvements urinaires. Malheureusement, les résultats obtenus ne peuvent refléter la charge consécutive à une contamination par le plutonium insoluble comme un oxyde.

Le problème est difficile car il est impossible d'établir un modèle métabolique unique pour cet élément quel que soit le composé physico-chimique sous lequel le plutonium est utilisé. Si l'on veut véritablement faire une estimation correcte de la charge d'un organe (os, foie, poumon) en plutonium, il faut connaître la forme physico-chimique sous laquelle ce plutonium a été utilisé dans le laboratoire où est survenue la contamination, car l'ordre de grandeur de l'erreur peut dépasser un facteur 1 000.

Ce modèle biologique est valable pour les autres nucléides qui s'hydrolysent au pH de la matière vivante. Ils sont très nombreux et comprennent les terres rares, le zirconium-niobium, le ruthénium, les transuraniens (en partie), le

thorium. Le neptunium a un comportement biologique quelque peu différent car il se trouve sous une valence 5, donc sous forme d'ions complexes. Il en est de même de l'uranium qui se trouve sous une valence 6 et qui donne un ion uranyl divalent avec un comportement biologique comparable à celui des alcalino-terreux, à ceci près qu'une partie précipite au niveau du rein.

Les seules différences que l'on constate entre la première partie de la série des terres rares et l'américium d'une part, le plutonium et les transplutoniens d'autre part, résident dans la vitesse de solubilisation et la vitesse d'insolubilisation en milieu biologique.

L'insolubilisation des terres rares et de l'américium-241 est plus lente que celle du plutonium. Par conséquent, la fraction qui diffusera rapidement sera plus grande pour l'américium que pour le plutonium.

Ce modèle métabolique peut s'appliquer à tous les radioéléments qui ne se trouvent pas sous une forme ionique dissociée au pH de la matière vivante. Les seuls éléments auxquels peut s'appliquer le modèle métabolique de l'ICRP sont les éléments de valence 1 et de valence 2.

#### **D — Traitement de la contamination interne**

Le traitement par le DTPA est très fréquemment utilisé en France à la suite des essais qui ont été faits tant sur l'animal que sur les êtres humains. Les recherches ont porté sur la stabilité des complexes de DTPA dans l'organisme, c'est-à-dire sur la résistance des complexes-DTPA dans la compétition des anions et des cations en milieu biologique. Des essais ont été faits avec la plupart de terres rares, avec l'américium, le thorium, le plutonium, l'uranium. Pour les éléments à valence 3 et 4, lorsque le complexe est formé dans l'organisme, l'élimination de celui-ci est totale pour une administration comprise entre 1 g et 1/100 de g de DTPA.

Partant de ces données, nous avons formé des complexes entre des terres rares de courte période comme le lanthane ou l'holmium et le DTPA et nous les avons injectés à une quarantaine de malades. Le DTPA qui est filtré par le glomérule de la même manière que le mannitol ou la créatinine est un excellent indicateur de la fonction glomérulaire. Le DTPA a été utilisé en clinique humaine à la dose de 0,1 g (marqué avec du lanthane ou de l'holmium). Notons que le DTPA a été utilisé chez des malades atteints de néphrite aiguë ou chronique chez lesquels des examens fonctionnels étaient effectués fréquemment, sans que jamais une aggravation ne soit constatée. Ailleurs, aucune toxicité n'a pu être décelée lorsque le DTPA était utilisé sur des individus n'ayant pas de néphrite.

Connaissant :

- l'absence de toxicité du DTPA,
- la grande stabilité des complexes formés par le DTPA avec les éléments tri- et tétravalents,
- la période biologique du DTPA (90 minutes),
- la diffusion du DTPA dans le sang et l'espace extracellulaire (cet espace est semblable à celui de l'insuline et représente à peu près 18 % du poids du corps),

il était possible de fonder un traitement faisant appel à ce complexant sur des données humaines parfaitement établies.

Le traitement doit être local, général d'attaque et général chronique.

a) *Traitement local.* L'administration du DTPA localement dans une plaie ou dans un poumon doit être effectuée avant que le plutonium ou la terre rare soit à l'état d'hydroxyde. Plus rapide sera le traitement local, plus importante sera la quantité d'ions complexés. Le DTPA, en raison de son innocuité est employé systématiquement dans les laboratoires sous forme d'ampoules que l'on casse et que l'on applique directement sur les blessures en cas d'incident. Ainsi s'effectue une complexation extrêmement rapide localement.

Ce traitement local est institué avant toute mesure de l'activité dans la blessure. Il doit être terminé dans la première minute qui suit l'accident.

b) *Traitement général d'attaque.* En général, une fraction de l'agent contaminateur diffuse et il faut entreprendre un traitement dans un service médical pour complexer cette fraction. Ce deuxième temps d'intervention ne doit pas être entrepris avant de connaître la quantité incorporée soit dans le poumon, soit au niveau de la plaie. On pratique une injection IV et non une perfusion en raison de la courte période biologique du DTPA.

c) *Traitement chronique.* Un schéma simple a été établi à Fontenay-aux-Roses. Le DTPA est administré au rythme d'une injection par semaine à la dose de 0,1 g par injection. En fait, la dose est importante mais non toxique.

## Discussion

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Quels sont les risques particuliers du plutonium-238 et de l'américium-241 ?

Dr LAFUMA (France)

En ce qui concerne les risques encourus avec le plutonium-238 et l'américium-241, il faut considérer tout d'abord que la toxicité de ces deux isotopes est en un sens différente de celle du plutonium-239. En effet, la période du plutonium-238 par rapport à celle du plutonium-239 est très courte et l'activité d'une particule de  $1\ \mu$  est telle que toute épuration pulmonaire ou toute épuration à partir d'une plaie par transport cellulaire est pratiquement impossible.

Dès que la particule atteint  $1\ \mu$  le nombre des  $\alpha$  émis par minute doit être supérieur à 1 000, c'est-à-dire qu'aucune cellule ne peut venir phagocytter la particule pour effectuer une translocation. Avec le plutonium-238, on obtient une stérilisation parfaite autour des particules de plutonium. Le risque n'est donc pas le même qu'avec le plutonium-239. D'autre part, toutes les remontées alvéolaires qui s'effectuent par transport cellulaire n'ont pas lieu avec le plutonium-238. Autour de ce nucléide, il se crée une coque fibreuse par irradiation. La solubilité et donc l'élimination urinaire se trouvent diminuées de ce fait.

En ce qui concerne l'américium-241, le pH d'hydrolyse de ce nucléide est plus élevé (environ 3 à 4) que celui du plutonium-239 qui est de 1. Par conséquent, la quantité qui va diffuser dans l'organisme sera plus importante et de l'ordre de 30 à 40 % le premier jour. Dès lors, l'os devra être considéré comme un organe très critique. C'est dire toute l'importance du traitement d'urgence.

Pr HALTER (Belgique)

N'y a-t-il pas lieu à la suite des informations qui nous ont été données de revoir les tableaux des CMA qui figurent dans les annexes des Directives, en raison tout particulièrement du caractère relatif qu'il faut maintenant attribuer aux notions de solubilité et d'insolubilité telles qu'elles apparaissent dans l'annexe 3 des Directives? Ne serait-il pas plus simple de supprimer cette distinction qui pour beaucoup est une sorte de porte de sortie vis-à-vis d'un certain nombre de difficultés? Le problème de la CMA de certains isotopes dans les milieux ambiants peut être influencé considérablement par ce caractère de solubilité ou d'insolubilité et le Dr Lafuma nous a montré que cette notion peut être fallacieuse dans les deux sens et conduire à une conception systématique de l'insolubilité pour le plutonium et de la solubilité pour le radium. Dès lors, il est facile de concevoir les conséquences possibles d'une telle attitude sur le plan de la réglementation.

Par ailleurs, en toxicologie industrielle, on apporte depuis quelques années une attention particulière aux chélateurs qui pour quelques-uns auraient la propriété de retirer de l'organisme certains oligoéléments indispensables. Or, le DTPA ne semble pas toxique. Des précisions peuvent-elles être apportées à cet égard?

Dr LAFUMA (France)

L'ICRP a institué un groupe de recherche sur le métabolisme biologique du plutonium. Au sein de ce groupe, l'accord s'est fait sur l'opportunité d'abandonner les termes de « soluble » et « d'insoluble » dans les solutions ou les suspensions prévues présentes dans l'air avant une contamination interne. Quelle que soit sa forme préalable, le plutonium est considéré comme ayant la même vitesse de diffusion à partir du poumon et comme ayant un comportement analogue à l'ancien plutonium insoluble. Mais lorsque le plutonium est complexé — et le risque est de plus en plus réel dans l'industrie nucléaire — tous les cas sont particuliers et tout dépend de la constance de stabilité des complexes utilisés. Si ceux-ci sont instables au contact de la matière vivante, ils se comporteront comme un nitrate et seront considérés comme insolubles. En effet, le plutonium nitrate doit lui aussi être considéré comme insoluble, plus même que le plutonium métal et l'organe critique principal sera le poumon.

En ce qui concerne la seconde question, il est vrai que les chélateurs ont le pouvoir d'épuiser les oligoéléments. C'est ce qui fait l'intérêt et l'innocuité d'un traitement discontinu. En effet, l'apport digestif compense le pouvoir complexant des chélateurs en apportant 6 jours sur 7 à l'organisme les oligoéléments dont il a besoin. Le DTPA ne doit donc pas être administré quotidiennement. Il ne doit pas non plus être administré par voie digestive afin que les oligoéléments apportés par l'alimentation ne soient pas complexés avant de parvenir à l'organisme.

Dr TESTA (Italie)

Le Dr Lafuma pourrait-il nous donner des indications quantitatives sur l'influence du DTPA en matière d'élimination urinaire et nous dire si l'on ne peut envisager cette thérapeutique à base de chélateurs pour traiter une contamination survenue quelques années auparavant? En outre, quel est le niveau d'investigation adopté pour les urines? Est-ce bien 0,2 pCi pour les urines de 24 heures? Enfin, lors de l'analyse des urines consécutives à une contamination traitée par le DTPA, n'y a-t-il pas lieu de minéraliser complètement l'échantillon urinaire?

Dr LAFUMA (France)

Dans l'organisme le plutonium diffuse, combiné aux protéines dans le plasma et le milieu extracellulaire. La clearance naturelle quotidienne par élimination urinaire est à peu près égale à 10 % de la charge plasmatique. Etant donné que le milieu extracellulaire représente à peu près 3 fois la masse sanguine, il s'ensuit que la clearance du plutonium représente à peu près 2,5 à 3 % de la quantité de plutonium présent dans l'organisme sous une forme complexée liée à des protéines. Le DTPA capte les éléments liés aux protéines et son élimination est d'environ 100 %. L'administration IV de DTPA multiplie l'excrétion urinaire quotidienne par un facteur 25 ou 30, en même temps qu'elle épuise à peu près

complètement le plasma et l'espace extracellulaire. Il s'ensuit qu'une nouvelle injection effectuée 2 à 3 jours plus tard entraîne une élimination extrêmement faible, l'équilibre ne s'étant pas rétabli entre la blessure ou le poumon et les espaces extracellulaires car le plutonium diffuse lentement. C'est pourquoi on préconise, dans les traitements chroniques, l'injection hebdomadaire de DTPA qui multiplie l'excrétion naturelle par un facteur de 20 à 30.

Le DTPA se retrouve dans les urines lié au plutonium. Si la méthode utilisée permet d'extraire le plutonium de l'échantillon, qu'il soit complexé ou non, il n'y a pas à modifier cette méthode d'analyse. Par contre, si la méthode est telle que le DTPA échappe à la technique de séparation, il faut minéraliser à haute température pour détruire le DTPA et solubiliser le plutonium par l'acide nitrique.

La valeur de 0,2 pCi pour les urines de 24 heures est celle qu'il faut utiliser comme niveau d'investigation, car elle correspond à la sensibilité des méthodes employées. Il serait certes possible de retenir des valeurs plus basses, mais alors il faudrait s'astreindre à des comptages très longs. Cette valeur de 0,2 pCi est une valeur pratique qui figure dans les recommandations de l'ICRP.

M. HENRY (France)

Y a-t-il nécessité d'entreprendre une aérosolthérapie par DTPA dans le cas d'une contamination par du nitrate de plutonium? Quelle est la vitesse d'hydrolyse de ce nitrate de plutonium au niveau du poumon? Faut-il rapidement entreprendre ces aérosols avant d'avoir toute notion de mesure?

Dr LAFUMA (France)

Dans le poumon, l'hydrolyse est pratiquement terminée au bout d'une minute. Il est donc nécessaire de traiter par aérosolthérapie dans le laboratoire lui-même. On a réalisé dans ce but des nébuliseurs, mais la conservation de ces bombes n'est pas bonne, en raison peut-être de l'acidité du DTPA.

Dr RECHT (Euratom)

En dehors du plutonium, y a-t-il d'autres cas dans lesquels le DTPA pourrait être utilisé?

Dr LAFUMA (France)

Le DTPA donne d'excellents complexes avec tous les éléments tri- ou tétravalents. Le problème réside dans la compétition avec le calcium. Si la constance de stabilité du complexe élément-DTPA est très grande par rapport au complexe DTPA-calcium, le DTPA est justifié dans son emploi. Les complexes sont d'autant plus stables que la valence est élevée et que le pH de l'hydrolyse est plus bas.

Le DTPA est sans intérêt vis-à-vis des alcalins et des alcalino terreux. Avec l'uranium, le problème est quelque peu différent, car les complexes avec l'uranium 4 sont stables. Mais l'uranium à la valence 4 s'hydrolyse rapidement pour atteindre la valence 6; il en résulte un ion uranyl qui donne un ion complexe à valence 2 positive. Les complexes DTPA-ion uranyl sont très peu stables. Dès lors, le DTPA est sans efficacité dans les contaminations par uranium. Par contre, le DTPA est efficace dans les contaminations par le thorium, les terres rares et les transplutoniens qui donnent des complexes très stables avec le DTPA.

Dr RECHT (Euratom)

Je voudrais revenir sur la notion de niveau d'investigation et demander au Dr Lafuma de préciser certains points.

Le *niveau d'investigation* que certains appellent le niveau d'alarme ou d'enquête est le niveau au-dessous duquel il ne faudrait pas essayer d'interpréter les résultats. La fixation de ce niveau pourrait conduire sinon à ne pas enregistrer une dose, du moins à ne pas poursuivre les examens pour mieux essayer d'interpréter la contamination. Ce niveau est une dose qui correspond au 1/10 de la DMA pour un trimestre. Or, la publication 9 § 54 stipule qu'au cours d'un trimestre et pour une seule absorption, il est possible de recevoir la CMA correspondant au semestre. C'est ainsi que l'on arrive à la notion du 1/20 de la DMA. On fixe donc comme maximum d'exposition trimestrielle celle qui correspond à l'exposition pendant un semestre à la CMA. Si l'on déclare que le 1/10 est ce niveau d'investigation, il correspond par voie de conséquence au 1/20 de la DMA par an.

Cette notion n'est pas dans les Normes d'Euratom. Elle en diffère d'ailleurs, car celles-ci stipulent qu'en une fois on ne peut incorporer que la quantité qui correspond à un trimestre.

Toute valeur inférieure au niveau d'investigation ne serait pas significative et ne conduirait ni à une enquête ultérieure, ni à un enregistrement.

Ce niveau est une base théorique qui conduit à des niveaux d'investigation dérivés exprimés en quantités en fonction des milieux dans lesquels ils sont recherchés. Les résultats des mesures dans les secreta et les excreta sont exprimés et enregistrés en pCi. Quels sont les éléments à prendre en considération pour fixer les niveaux d'investigation dérivés?

Dr LAFUMA (France)

Lorsque la *date de la contamination est connue* il est aisé de connaître la quantité incorporée dans l'organisme à partir de la mesure de l'excrétion puisque l'on connaît la date du prélèvement, la vitesse de l'épuration et le pourcentage épuré en fonction du temps.

Lorsque la date de la contamination n'est pas connue, et que celle-ci est révélée par un examen systématique, on suppose que la contamination a eu lieu le lendemain du jour de l'examen systématique précédent. On admet en outre que toute la quantité a été incorporée ce jour-là. A partir de la même équation que précédemment, on détermine si la valeur mesurée est supérieure, égale ou inférieure à cette limite d'investigation qui est une quantité incorporée en une fois à un jour déterminé.

Cette détermination ne peut se faire que si l'on connaît la forme soluble ou insoluble du radioélément considéré. Pour les formes solubles on se basera sur l'élimination urinaire et pour les formes insolubles ou intransportables, on se basera sur l'excrétion fécale. On définit alors la quantité incorporée au temps supposé de la contamination, c'est-à-dire le niveau d'investigation, quantité incorporée qui est égale au 1/20 de la dose annuelle.

Puisque d'autre part, le radioélément s'élimine, la quantité que l'on va retrouver dans l'urine par rapport à la quantité absorbée le premier jour va diminuer en fonction du temps. Le niveau d'investigation est constant, mais le niveau d'investigation dérivé devient de plus en plus faible au fur et à mesure que le temps s'écoule.

#### *Considérons le cas du tritium.*

Si au temps  $t$  on absorbe une quantité qui correspond au niveau d'investigation, au bout de 15 jours la quantité que l'on va retrouver dans l'urine sera de  $18 \mu\text{Ci}$ . Au bout de 30 jours, elle sera de  $6 \mu\text{Ci}$  et au bout de 84 jours elle sera de  $0,1 \mu\text{Ci}$ . Donc, pour fixer un niveau d'investigation dérivé et une fréquence d'échantillonnage, il faut tenir compte de la période biologique du radioélément et de la sensibilité des appareillages et des méthodes utilisées. C'est pour cette raison que pour le plutonium et pour les émetteurs  $\alpha$  ostéotropes on ne fixe pas de chiffres pour les niveaux d'investigation dérivés. Par contre, on fixe des niveaux d'investigation, mais comme ces niveaux sont à la limite de la sensibilité on ne fixe pas de niveaux dérivés. L'idéal serait donc de procéder à un examen quotidien des urines.

Dr DELPLA (France)

Lorsque l'agent contaminateur est de l'uranium irradié, la CMA dans l'air dépend de la durée de l'irradiation et également du temps depuis lequel le réacteur est arrêté. En fonction de ces deux variables il est possible de constater très rapidement que le plutonium joue un rôle primordial. Ce plutonium qui se présente probablement sous forme d'oxyde ou sous forme métallique peut-il être considéré comme insoluble? Ce point est important puisqu'il devrait normalement introduire un facteur 30.

D'autre part, nous ignorons quelle est la granulométrie des aérosols. Cette mesure est une mesure hautement spécialisée et son introduction semble a priori difficile dans une centrale nucléaire.

Dr LAFUMA (France)

Dans les barreaux irradiés, le plutonium se trouve sous forme métallique ou sous forme d'oxyde, mais il n'est jamais complexé. Par conséquent, au contact de la matière vivante il se transforme en hydroxyde insoluble.

La mesure de la granulométrie d'autre part, est effectivement très difficile. Seule cette technique pourrait permettre de relier l'excrétion fécale à la quantité qui reste dans le poumon. Cependant, nous avons vu qu'il ne s'agissait là que d'un ordre de grandeur.

Dr RECHT (Euratom)

La norme qui doit donc être appliquée pour le cas prévu par M. Delpla est celle donnée par la CMA air de  $1.10^{-11}$  et non de  $6.10^{-13} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ .

Dr BEENTJES (Pays-Bas)

Quelle est la précision des mesures effectuées directement sur le poumon par détection externe, compte tenu de la dispersion géométrique du plutonium dans le poumon et de sa présence dans l'os?

Dr LAFUMA (France)

Par détection externe, le plutonium incorporé dans l'os ne peut être mesuré car son absorption dans le tissu osseux est telle que l'on ne peut mesurer la charge osseuse en plutonium. Au niveau du poumon, l'absorption des X du plutonium diminue l'activité d'un facteur 2 par 5 mm de poumon et les côtes jouent le rôle d'un écran. Pour ces raisons la sensibilité de la méthode est mauvaise. Par ailleurs, il faut toujours compter sur la présence d'un bruit de fond qui dépend du potassium-40 et du césium-137 dont la répartition et l'importance ne sont pas les mêmes pour tous les individus. En gros, la précision sera d'un ordre de grandeur d'erreur de 2.

La sensibilité de la méthode est un peu liée au nombre et à la position des détecteurs utilisés. Elle dépend également de la durée de comptage. Cependant, certains auteurs américains prétendent pouvoir, en routine, déceler des contaminations internes de l'ordre de 5 nCi.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

De l'exposé de Monsieur Lafuma, il semble ressortir qu'en fait, en routine, la mesure de l'excrétion urinaire donne des indications sinon bien fragiles, du moins très relatives. Par ailleurs, la surveillance doit être liée aux événements qui ont pu provoquer une contamination. C'est dire l'importance de la surveillance de l'ambiance dans les endroits où le plutonium, l'américium, etc. sont manipulés.

Dr RECHT (Euratom)

Effectivement, il faudra tôt ou tard établir une relation entre les mesures de l'ambiance, les prélèvements d'air (et non la mesure des surfaces) et la contamination interne. Nous venons de voir que la mesure des urines a une signification limitée et d'autant plus limitée dans le cas d'une contamination inconnue quant à la date, que les prélèvements sont plus espacés.

Dr JAMMET (France)

Certes, les mesures d'ambiance ont de la valeur, mais elles ne sont pas toujours, et loin de là, en accord avec ce qui est réellement inhalé. La notion de CMA est très pratique. Cependant, rien ne peut remplacer des mesures effectuées sur l'individu lui-même, tant sur le plan médical que préventif, que légal, etc. L'exposé du Dr Lafuma est une première approche de la manière dont le problème doit logiquement être traité. Au fur et à mesure que les techniques s'amélioreront, que la sensibilité des appareils de mesure s'accroîtra, il sera possible d'espacer les prélèvements et d'estimer les contaminations de manière plus précise encore. N'oublions pas enfin que la plupart des nucléides rencontrés dans la pratique posent infiniment moins de problèmes de mesure que le plutonium.

Dr RECHT (Euratom)

La programmation des méthodes de mesure en routine et après incident est difficile à établir, malgré les guides actuellement disponibles. D'après l'exposé du Dr Lafuma, il semble également que les modèles métaboliques tels qu'ils apparaissent dans les courbes de Langham ne sont pas très réalistes.

M. JEANMAIRE (France)

En matière d'élimination fécale, non précoce, y a-t-il des valeurs disponibles?

Dr LAFUMA (France)

D'après les données de Hanford et celles de l'Université de l'Utah, lorsqu'à partir d'un poumon le plutonium diffuse dans l'organisme, il se dirige vers l'os

où il s'incorpore, vers le rein où il est éliminé par l'urine et vers le foie où il est éliminé par la bile. Celle-ci étant alcaline, le plutonium se trouve sous forme d'hydroxyde et ne sera pas réabsorbé. En fait, dans une contamination chronique, l'excrétion fécale est du même ordre de grandeur que l'excrétion urinaire. Toute modification de ce rapport excrétion fécale/élimination urinaire ne peut être due qu'à des « remontées » pulmonaires.

M. HENRY (France)

L'excrétion fécale à long terme devrait cependant permettre de conduire à une estimation de la charge pulmonaire. Si par exemple on admet pour l'oxyde de plutonium une période de 500 jours (dans les poumons) et si on admet que les 2/3 de l'élimination se font par excrétion fécale, il semble possible de recueillir des données qui pourraient conduire à la charge pulmonaire.

Dr LAFUMA (France)

Dans l'excrétion fécale par remontées, il y a toujours deux composantes : l'une à court terme, s'échelonnant entre 1 et 5 jours qui donne un ordre de grandeur de la charge pulmonaire et l'autre à long terme *très discontinue*. D'un jour à l'autre, l'ordre de grandeur de l'élimination fécale varie volontiers d'un facteur 20 ou 100. Avec l'élimination fécale, les oscillations semblent encore beaucoup plus grandes qu'avec l'élimination urinaire. Cette élimination discontinue correspond à des mécanismes instantanés (probablement à la vidange d'un foyer lymphatique). Pour être très précis, sur une période de 500 jours par exemple, il faudrait analyser tous les échantillons quotidiens.

Dr OSTER (République Fédérale Allemande)

Que doit-on faire en cas de contamination par uranium puisque le DTPA est sans efficacité en pareil cas ?

Dr LAFUMA (France)

Les contaminations par uranium sont dues, soit à l'hexafluorure d'uranium à valence 6 qui diffuse extrêmement vite, soit à l'uranium métal ou aux oxydes d'uranium de valence 4 déjà insolubles ou qui s'insolubilisent localement et diffusent lentement. Quel que soit le composé de l'uranium, on se trouve dans le sang en présence d'un ion à valence 6, donc d'un ion uranyl divalent dont la biochimie serait assez comparable à celle du strontium, s'il n'y avait changement de pH au niveau du rein. Ce changement de pH provoque la précipitation d'une partie de l'uranium dans le rein. Ce qui n'est pas précipité dans le rein va dans le squelette et s'y comporte comme le strontium et le calcium. Il faut donc décontaminer le squelette et le rein. S'il est quasi impossible de décontaminer

un squelette, on peut pour ce qui est du rein, modifier le pH au niveau du rein en alcalinisant avec du bicarbonate de soude ce qui solubilise l'uranium qui est éliminé par les urines. Quant aux complexants, ils sont entièrement inefficaces.

**Dr RECHT (Euratom)**

Quelle est la valeur pratique des mesures effectuées d'après d'autres excréta : frottis nasaux, sueur, sputum, etc.

**Dr LAFUMA (France)**

Les prélèvements nasaux, les crachats et la sueur ne peuvent donner qu'une indication qualitative et il est difficile de les relier à une quantité incorporée. Par contre, la mesure de l'air exhalé permet de mesurer une contamination interne par le radon ou le thoron, par le tritium en mesurant la vapeur d'eau tritiée, par le carbone-14 en récupérant le CO<sub>2</sub> marqué. En dehors de ces cas particuliers, l'urine et les fèces sont plus intéressantes.

**Dr RECHT (Euratom)**

En conclusion, je tiens à remercier le Dr Lafuma de nous avoir apporté des informations pratiques et originales sur un problème qui préoccupe les services sanitaires des centres nucléaires et j'espère que nous pourrons l'an prochain reprendre la discussion sur certaines questions d'interprétation des mesures de contamination interne par d'autres nucléides, qui n'ont pas été envisagées aujourd'hui et sur les possibilités de préciser encore davantage la méthodologie des niveaux d'investigation dérivés.

## CHAPITRE II

### Attitude du médecin du travail en cas de surexposition

**Dr RECHT** (Euratom)

Le Dr Jammet présentera son rapport en trois parties distinctes, qui seront suivies chacune de discussions :

- définition et limites de la surexposition,
- modalités de l'intervention après surexposition,
- décisions thérapeutiques et administratives.

#### A — Définition et limites de la surexposition

**Dr JAMMET** (France)

La surexposition peut être définie :

- *sur le plan biologique* comme une exposition susceptible de produire des dommages à l'individu exposé;
  - *sur le plan réglementaire* comme une exposition dépassant les limites d'irradiation admissibles;
  - et *sur le plan de la médecine du travail* comme une exposition pour laquelle il y a lieu d'entreprendre une action.
- a) *Sur le plan biologique*, ni les recommandations de l'ICRP, ni les normes de base d'Euratom ni les textes nationaux ne donnent de valeurs. Par contre, des doses de référence sont données par l'OMS et l'IAEA dans le cas d'accident nucléaire.

Il est estimé que dans le cas d'une irradiation globale *au-dessous de 10 rem*, il n'y a pas de dommages embryofœtaux à attendre, *au-dessous de 25 rem*,

il n'y a pas à craindre de dommages pour les individus adultes. A partir de 75 rem, il est possible de constater un « petit mal des rayons » avec des troubles neurovégétatifs. A 200 rem, il est possible d'observer le « grand mal des rayons » avec syndrome hématologique. A 400 rem, on a atteint la dose létale moyenne pour l'homme.

Lorsque l'irradiation est partielle, atteignant par exemple les extrémités, aucun chiffre de référence n'a été formulé. De même aucune valeur de référence n'a été donnée en matière de contamination interne pouvant être considérée comme dommageable pour tel ou tel organe.

- b) *Sur le plan réglementaire*, il y a lieu de noter dès maintenant que les limites admissibles de l'irradiation sont multiples et qu'il s'ensuit une certaine complexité et un certain nombre de difficultés. A cet égard, la publication 9 de l'ICRP (§ 57) fait état de limites d'irradiation annuelles et trimestrielles, ces dernières correspondant à la moitié des premières. Le § 56 de la même publication traite des doses limites pour les organes. Le § 57 mentionne la formule  $D = 5 (N-18)$  qui est d'application pour certains travailleurs lorsque la dose trimestrielle est dépassée. Les §§ 66, 67, 68 et 69 concernent les expositions exceptionnelles concertées. Il y est stipulé qu'au cours d'une irradiation unique, il est possible de recevoir 2 fois la dose annuelle, c'est-à-dire 10 rem. Ces expositions exceptionnelles concertées ne sont pas prévues pour les femmes en état de procréer, pour les femmes enceintes, pour les travailleurs de moins de 18 ans, etc.

Toutes ces limites sont exprimées en rem. Elles se rapportent à l'organisme entier ou aux organes. Elles sont d'application aussi bien pour l'irradiation externe que pour la contamination interne. Ces limites sont :

1,3 rem par trimestre pour les femmes en état de procréer,

3 rem par trimestre pour les hommes,

5 rem par an pour les femmes et pour les hommes,

10 rem en une fois et

25 rem qui est la dose accidentelle à partir de laquelle l'irradié doit être soumis au corps médical.

En résumé, il semble que la dose de 10 rem correspond à une limite d'irradiation que l'on peut subir instantanément et sans dommage. La limite de 25 rem pourrait être également retenue pour les adultes puisque l'OMS et l'AIEA ont estimé qu'il n'y avait pas de dommage à redouter au-dessous de cette limite. D'autre part, sur le plan réglementaire, on peut considérer comme une sur-exposition le dépassement d'une limite annuelle ou trimestrielle, celle-ci étant fixée par exemple à 3 rem.

## Discussion

Dr RECHT (Euratom)

Je remercie le Dr Jammet pour nous avoir si clairement rappelé la définition et les limites de la surexposition. Pour la discussion qui va suivre, je propose que les aspects biologiques de la surexposition ne soient pas envisagés et que seuls soient discutés les aspects réglementaires ou administratifs des décisions du service médical vis-à-vis d'un travailleur nucléaire « surexposé ». Qu'en est-il par exemple de la pratique de la « mise au vert » évoquée par les médecins français lors des colloques précédents ? A partir de quel niveau le médecin du travail est-il amené à devoir prendre des décisions ? Quelles sont les difficultés rencontrées pour appliquer les limites des doses trimestrielles ou annuelles et enfin quelle est la fréquence des interventions du service médical dans les cas de surexposition ?

Dr GENOT (Belgique)

Qu'entend-on par travailleur nucléaire ? Est-ce un travailleur de centrale nucléaire ? ou est-ce un travailleur soumis à des radiations ionisantes ?

Dr JAMMET (France)

C'est un travailleur qui risque de subir une irradiation ou une surexposition.

Dr NICOLAI (France)

A Saclay, les limites trimestrielles et annuelles sont observées tant pour les irradiations externes globales et segmentaires que pour les contaminations internes. Dès lors, en cas de dépassement, nous écartons le travailleur de son poste de travail. Naturellement, le retrait est fonction de l'importance de l'irradiation. Pour les irradiations partielles, la limite trimestrielle est observée également. Pour l'irradiation interne, nous considérons que la quantité absorbée au cours d'une exposition ne doit pas dépasser la CMA pour un trimestre à l'organe critique. Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que les limites de 3 et 5 rem sans appliquer la formule  $D = 5 (N-18)$ . En fait, depuis quelques années, l'efficacité de la radioprotection est telle que les retraits pour dépassements de doses sont rarissimes, ce qui n'était pas le cas il y a 7 ou 8 ans. Pour cette raison, nous avons conservé nos anciennes habitudes qui allaient dans le sens de la sévérité.

Dr LETARD (France)

A l'EDF, on se base uniquement sur la limite trimestrielle. Jusqu'à ce jour, nous n'avons pratiquement eu jamais à prendre des dispositions telles que cette dose soit dépassée. Le cas échéant, nous appliquerions la formule  $D = 5 (N-18)$

mais nous ne l'appliquerions qu'à partir du moment où le travailleur devient un travailleur nucléaire.

Dr MAZAURY (France)

A Marcoule, nous procédons comme à Saclay. Pratiquement, nous n'avons jamais de retraits à prescrire, car nous n'avons jamais de dépassements de doses en raison de l'efficacité de la radioprotection.

Pr HALTER (Belgique)

En fait, en matière de surexposition, il y a lieu de faire une distinction entre celle qui est accidentelle d'une part et celle qui est routinière d'autre part. Lorsqu'au cours d'une période déterminée, la dose de 3 rem pour 13 semaines a été dépassée par la sommation d'un ensemble de petites doses, on ne peut parler de surexposition accidentelle. Quelle doit donc être l'attitude du médecin en face d'une telle surexposition ? Par ailleurs, à la suite d'une surexposition importante par suite d'accident, le travailleur est-il toujours apte à assurer son travail ? Ou au contraire y a-t-il lieu de l'en écarter ? A cet égard, une harmonisation des attitudes semble souhaitable entre les six pays.

Dr JAMMET (France)

Au § 102 de la publication 9 des recommandations de l'ICRP, il est stipulé que toutes les doses qui sont reçues dans des circonstances anormales devraient être enregistrées ensemble et nettement séparées de celles qui sont reçues dans les conditions normales du travail. Dès lors, il est possible de concevoir deux sortes de surexpositions : celles qui surviennent dans des conditions normales et celles qui surviennent accidentellement, donc dans des conditions anormales.

Une surexposition dans des circonstances normales serait par exemple une irradiation supérieure à 3 rem par trimestre ou à 5 rem par an. Par contre, une surexposition dans des circonstances anormales ne pourrait être retenue que si elle risque d'entraîner des dommages et pratiquement que si elle dépasse 25 rem. Si l'on désire être en conformité avec les recommandations de l'ICRP, il faudra par conséquent établir une cloison étanche entre les deux modes de surexposition et tenir une comptabilité séparée. Car pour les surexpositions on considère que le médecin du travail est entièrement libre de la décision à prendre et peu fort bien maintenir un travailleur à son poste si la dose reçue a été de 150 rem.

Pr GAUWERKY (République Fédérale Allemande)

Les règles de protection formulées par Euratom sont très effectives et le nombre des dépassements observés est très faible. Pour 4 500 travailleurs professionnellement exposés en Basse-Saxe, il y a eu 7 cas pour lesquels la dose de

3 rem a été dépassée en 13 semaines et aucun cas pour lequel la formule de base n'a été dépassée. Et dans tous les cas les autorités responsables contrôlent les conditions de travail, les niveaux, etc... afin d'améliorer la protection.

Afin d'illustrer ce qui a été dit par le Dr Jammet à propos des accidents, voici une observation intéressante. Il s'agit d'un ingénieur qui, alors qu'il changeait une source de radiocobalt un peu hâtivement, ne ferma pas à temps le verrou de la source. Dans des circonstances assez mal établies, les doigts d'une main furent très probablement exposés directement à la source. Un calcul de dose fut effectué par les physiciens qui estimèrent approximativement que les doigts de la main droite avaient pu recevoir en quelques secondes de 7 à 8 000 rad. Le film que le travailleur portait à la ceinture fut développé et la dose à ce niveau fut estimée à 3,5 rem. Le patient fut transféré dans un service d'hématologie. Il fut soumis à un traitement par cortisone, antibiotiques, etc... car on pensait alors que l'irradiation était en quelque sorte moins partielle et intéressait substantiellement la partie droite du corps. Cet homme fut mis en observation pendant un an et demi. Il lui fut interdit de travailler pendant cette période, tant pour des raisons médicales proprement dites que pour des raisons d'ordre psychologique. Malgré tous les efforts déployés en matière de thérapeutique, il fallut amputer quelques doigts. On ne put jamais constater de dommages hématologiques. Néanmoins, pour les raisons mentionnées, cette personne se vit interdire tout travail nucléaire.

Par contre, nous avons eu le cas d'une femme traitée médicalement et de façon importante par une source de radiocobalt. Pour cette femme, nous n'avons pas cru devoir prononcer d'interdiction de travail.

Dr JAMMET (France)

En conditions anormales, un individu peut être irradié dans son travail en subissant un événement fortuit qui ne dépend pas de lui ou qui en dépend. Par contre, en conditions normales, les limites d'irradiation rentrent dans le domaine de la prévention et doivent être respectées. Dans tous les cas, les sanctions seront d'ordre disciplinaire ou d'ordre médical.

Le dépassement des 3 rem par trimestre ou des 5 rem par an mérite une sanction disciplinaire, car les doses reçues en pareil cas ne font pas courir de risque au travailleur. Cette sanction peut porter sur l'exclusion du travail pour un certain temps. Par contre, lorsqu'il y a irradiation fortuite au cours d'un accident, la seule sanction juste doit être en général d'ordre médical. Il ne faut soustraire le travailleur à son travail que s'il court des dangers en étant soumis à des irradiations ultérieures.

Dr RECHT (Euratom)

Je souhaiterais que l'on revienne sur le problème des niveaux à considérer pour prendre une décision sur le plan médical. Le niveau de 3 rem paraît être important et accepté en tout cas comme motivant une décision ou une intervention du service médical. Y a-t-il d'autres niveaux qui soient envisagés dans les centres nucléaires comme base d'une action administrative?

Dr LETARD (France)

En général, dans un lieu de travail, qu'il s'agisse d'un atelier, d'un laboratoire, etc. on observe un *niveau habituel* d'irradiation des travailleurs. A l'EDF, nous avons admis que lorsqu'un sujet présente brusquement une augmentation notable de son niveau d'irradiation habituel (augmentation de 1 rem dans le cas particulier), nous déclenchons une enquête pour essayer de déterminer la cause de cette irradiation anormale qui bien entendu, sur le plan médical, ne comporte aucune sanction.

Dr RECHT (Euratom)

Donc, à partir d'un niveau inférieur à 3 rem le service médical peut être amené à déclencher une enquête parce que la prévention paraît insuffisante. Cela est en accord avec les nouvelles recommandations de l'ICRP qui considèrent que des dépassements mineurs de doses sont particulièrement significatifs d'un défaut de contrôle et justifient un renforcement de celui-ci.

De tels niveaux ne sont prévus ni par les Normes de base, ni par les législations nationales. Ils peuvent être différents suivant les centres. C'est ainsi qu'à Oak Ridge, on intervient pour des dépassements de niveaux dits opérationnels de 100 à 300 mrem.

Dr CARPAIJ (Pays-Bas)

A Petten, nous nous en tenons strictement aux Normes, tant pour les doses trimestrielles que pour les doses annuelles et nous considérons que lorsqu'un travailleur subit une irradiation globale de 25 rem, le service médical doit intervenir. Bien sûr, en-dessous de ce niveau, il est toujours possible, à la demande de l'intéressé, de procéder à un examen médical. Par ailleurs, l'action médicale entreprise est fonction de la nature de l'irradiation. Tout se limite à des examens hématologiques s'il s'agit d'une irradiation X ou  $\gamma$ . Par contre, si l'irradiation est le fait d'une source neutronique, l'examen médical est plus étendu et comporte une mesure de la radioactivité induite dans l'organisme.

Dr CANET (France)

Dans les laboratoires de l'Institut du Radium, notre attitude est la même qu'à l'EDF et si un individu présente un niveau inhabituel, nous procédons à une enquête supplémentaire sur le travail de l'intéressé.

Cependant, pour les dépassements de 3 et 5 rem, nous sommes obligés dans nos services d'adopter une attitude plus nuancée qu'à l'EDF ou au CEA car pour certains chercheurs, il est très difficile de ne pas dépasser les 5 rem par an. Il y a là une situation très exceptionnelle qui ne se présente que fort rarement. Mais lorsqu'il s'agit de techniciens, les normes sont toujours observées.

Enfin, il est difficile de parler d'attitude disciplinaire et d'attitude médicale. Le médecin en effet ne doit pas décider en matière de discipline. Et pour ma part, je considère que même si l'erreur a été consciente de la part du travailleur, il y a toujours accident de travail.

Dr RECHT (Euratom)

Le niveau de 1 rem par mois semble devoir être retenu comme *niveau de vigilance*. Celui de 25 rem pourrait être celui qui décide à coup sûr d'une action médicale.

Dr DEMULDER (Belgique)

A Mol, nous avons eu quelques surexpositions à la suite desquelles les travailleurs furent écartés. Nous considérons que le niveau qui ne doit pas être dépassé est celui de 100 mrem par semaine. S'il y a un dépassement de ce niveau, nous procédons à une enquête. Ce contrôle nécessite le développement des films chaque semaine ou deux fois par mois.

Dr RAHM (République Fédérale Allemande)

En général, la dose reçue accidentellement est initialement inconnue. Et ce n'est bien souvent qu'après une reconstitution de l'accident que cette dose est connue et que les individus sont remis au travail ou écartés de celui-ci. En Rhénanie du Nord, nous n'avons procédé qu'à 10 retraits depuis 1963.

Dr JAMMET (France)

Quels sont les niveaux adoptés pour la contamination interne ?

Pr SEELENTAG (Berlin Ouest)

Les liens qui existent entre l'incorporation et la surexposition sont souvent peu clairs et par là même incitent à une extrême prudence. C'est ainsi que nous avons eu un cas de contamination par le tritium pour lequel des examens d'urines

ont été effectués. Ces examens ont permis de déterminer que la charge incorporée était de l'ordre du double du MPBB. Malgré cela, le travailleur put continuer à vaquer à ses occupations et fut soumis à des examens médicaux tous les deux mois qui montrèrent d'importantes variations de la formule sanguine. Finalement, le travailleur mourut d'anémie. Dans le cas particulier, le rapport de cause à effet fut difficile à établir.

Dr NICOLAI (France)

Si la contamination interne est égale ou supérieure à la DMA, nous retirons le travailleur du poste exposé afin de procéder à un bilan de la contamination interne sans qu'il y ait possibilité de surcontamination. Et une décision n'est prise que l'orsque le calcul de la dose à l'organe critique est effectué.

Dr JAMMET (France)

Au CEA, une note officielle précise les seuils à partir desquels il faut agir. C'est ainsi que dans le cas de l'irradiation externe un premier seuil de 3 rem est fixé lorsque la dose atteint l'organisme entier en un temps très court. Ce seuil est de 8 ou 15 rem s'il s'agit de la peau ou des extrémités.

En cas de contamination interne de courte durée par inhalation, on considère que le rapport :

$$\frac{\text{concentration dans l'air}}{\text{CMA}} \times \text{temps d'exposition en heures}$$

ne doit pas être supérieur à 500.

Lorsqu'une *contamination interne* est décelée par un examen systématique, la quantité mesurée ne doit pas correspondre à une dose intégrée supérieure à la DMA par trimestre.

Lorsqu'une *contamination est cutanée*, elle ne doit pas entraîner une irradiation intégrée supérieure à 8 rem à la peau.

Enfin, dans le cas d'une blessure contaminée, il faut agir lorsque les circonstances sont telles que l'on peut penser que cette blessure a été susceptible d'entraîner une contamination interne non négligeable.

Dr DELPLA (France)

L'observation suivante tirée de la littérature anglo-saxonne est intéressante. Il s'agissait en effet d'une femme contaminée à l'âge de 48 ans par du radium-226. A son décès survenu à 84 ans sans diagnostic précis, il fut trouvé dans le squelette

10,5  $\mu\text{Ci}$  de radium. Des coupes tibiales furent faites et des mesures par émulsion photographique à l'endroit des taches les plus foncées permirent d'estimer le débit de dose à 33 rad par jour. Les données de la littérature ont permis d'établir que la teneur du squelette de cette femme était d'environ 150  $\mu\text{Ci}$  de radium. Dans les régions osseuses les plus contaminées, le débit de dose était d'environ 400 à 500 rad par jour, soit 4 000 à 5 000 rem par jour.

Sur le plan radiobiologique, cette observation est intéressante car il est bon de se rappeler parfois que les doses opérationnelles sont loin d'être préoccupantes.

## B — Modalités de l'intervention après surexposition

Dr JAMMET (France)

Ces modalités sont multiples.

Le *premier acte* du service médical doit consister en une *enquête* des circonstances de l'accident, enquête qui devra déterminer si l'accident a eu lieu dans des circonstances normales ou anormales.

Le *deuxième acte* doit être la *collecte* de toutes les informations permettant d'évaluer l'irradiation ou la contamination. Le service médical doit obtenir la totalité des informations brutes afin de procéder à l'interprétation de celles-ci. Il ne doit pas se contenter d'un diagnostic. C'est ainsi que le service médical devra interpréter lui-même les informations qui lui seront fournies quant au rayonnement lui-même, au flux des particules, à la radioactivité induite dans l'organisme, à l'activité trouvée dans les urines, l'air exhalé, les fèces ou mesurées par spectrométrie.

Le service médical devra procéder à une analyse critique de ces informations bien souvent insuffisantes en cas de surexposition, soit parce que la nature des rayonnements n'est pas précisée, soit parce que la distribution spatiale de ce rayonnement n'a pas été appréciée. Même en cas d'irradiation globale, il est souvent difficile de connaître la distribution spatiale du rayonnement, non seulement lorsqu'il s'agit d'un rayonnement neutronique, mais même s'il s'agit d'un rayonnement électromagnétique. Il est alors nécessaire de procéder à une reconstitution de l'accident pour évaluer les doses absorbées au niveau des différents organes ou des différents tissus ou pour déterminer les doses globales résultantes. Le médecin du travail doit activement participer à cette reconstitution.

Le *troisième acte* du service médical sera l'interprétation des résultats, interprétation qui doit conduire à une estimation aussi précise que possible de la surexposition. Dans les circonstances normales, les dépassements sont peu

importants et la connaissance précise d'une irradiation n'est pas d'un intérêt extrême; par contre, dans les circonstances anormales il faut avoir une connaissance précise de cette irradiation. Il en sera de même si l'on se trouve en présence d'une contamination par radioisotope à longue période ou d'une contamination par blessure. Le médecin du travail devra, si nécessaire, demander des informations complémentaires et interpréter l'ensemble des informations physiques fournies. Il devra surtout obtenir les informations cliniques et paracliniques qui doivent normalement être obtenues immédiatement. Car un certain nombre d'investigations doivent être effectuées sur le champ en cas de surexposition. C'est le médecin du travail qui doit les exécuter ou les faire exécuter lui-même. Il doit procéder immédiatement à un interrogatoire du patient et mettre en œuvre des examens hématologiques, biologiques et cytogénétiques. Par ailleurs, en cas d'irradiation partielle, il n'est pas sans intérêt de faire une photographie de la peau.

*Finalemment*, il faut qu'après une surexposition et au cas où il y aurait des dommages, c'est-à-dire des troubles, le tableau clinique et paraclinique soit aussi complet et précis que possible. Cela en prévision d'une action hospitalière et dans l'intérêt même du travailleur surexposé.

Le médecin du travail n'omettra pas de confronter les informations du service physique avec les données de la clinique et du laboratoire. Son attitude ultérieure sera fonction de la présence ou de l'absence de dommages.

Dr RECHT (Euratom)

J'ouvre la discussion sur cette partie du rapport du Dr Jammet, qui a présenté une sorte de guide pratique des interventions médicales en cas de surexposition. Je voudrais vous demander si ce guide est suivi régulièrement par les médecins des centres et quelles sont, le cas échéant, les modifications que vous êtes amenés à y apporter.

Dr NICOLAI (France)

Au CEA, nous avons un protocole qui définit le rôle du médecin du travail dans les centres du CEA et les liaisons qu'il a à établir avec le département du Dr Jammet s'il s'agit d'une surexposition nécessitant une hospitalisation. Cet aide-mémoire est très utile car en le consultant pour tel ou tel cas accidentel on est sûr de n'oublier aucun geste ni aucun prélèvement.

Dr FAES (Belgique)

A Mol, le protocole observé est assez proche de celui qui vient d'être défini. En cas d'accident grave, les accidentés sont envoyés à Paris dans le centre du Dr Jammet. Si l'accident est moins grave, nous avons un niveau d'enquête assez

bas, car nos badges sont développés chaque semaine. C'est ainsi que la découverte d'une dose de l'ordre de 200 mrem déclenche automatiquement une enquête concernant plus les conditions de travail que la personne elle-même.

Certes, les doses inférieures à 25 rem ne nécessitent aucune action médicale. Cependant, une irradiation égale ou supérieure à 10 rem nous inciterait à certains gestes médicaux. En effet, les données des examens médicaux pratiqués à ce niveau ne sont pas sans importance médico-légale.

Enfin, les informations qui proviennent au sujet d'un accident sont en fait de plusieurs sources. Elles peuvent provenir du milieu de travail sur les circonstances de l'accident. Elles proviennent du service de contrôle des radiations. Une reconstitution est effectuée si nécessaire.

Le bilan est en général établi en commun entre le chef du service auquel appartient la victime, le responsable du service de contrôle des radiations et le responsable du service médical.

Il est possible que cette procédure soit un peu lente, mais elle est sûrement objective et s'efforce de ne rien laisser dans l'imprécision.

Dr RECHT (Euratom)

D'autres services que le service médical interviennent-ils dans une décision d'éloignement des travailleurs lorsque la dose a dépassé la DMA ? Ou bien le médecin est-il toujours consulté ?

Dr NICOLAI (France)

Le médecin doit toujours prendre la décision. Il doit toujours être informé des doses délivrées.

Dr MAZAURY (France)

Dans les établissements du CEA, deux facteurs interviennent : la dose et le débit de dose.

A Marcoule, chaque fois qu'un travailleur doit être exposé à un certain flux, il faut une autorisation spéciale. Celle-ci doit être donnée :

- par le chef de service si le flux est inférieur à 75 mrem/heure,
- par le chef du service de radioprotection si ce flux est compris entre 75 et 750 mrem/heure,
- par le médecin si le flux est supérieur à 750 mrem/heure.

Dans certains cas particuliers, le médecin peut être consulté, notamment lorsque l'on sait que tel ou tel travailleur a déjà intégré une certaine dose. Mais en général, les doses intégrées antérieurement sont tellement faibles que pratiquement n'importe qui peut être exposé.

Dr RECHT (Euratom)

A Marcoule, il y a donc une échelle dans les responsabilités, échelle qui permet d'exposer au-delà de certains niveaux déterminés. Il s'agit de l'organisation de certaines opérations particulières en fonction de débits de dose prévisibles.

Dr MOEHRLE (République Fédérale Allemande)

Pour l'essentiel, nos mesures ne sont pas très différentes de celles qui sont d'application en France. Pour des variations de l'ordre de 1 rem dans des circonstances normales, un contrôle des doses est effectué sans que des mesures particulières soient prises. Si l'exposition se situe au-delà de la dose trimestrielle, la protection du poste de travail de l'intéressé fait l'objet d'une enquête très poussée.

En tout cas, en dehors des examens périodiques trimestriels, le service médical n'intervient pas médicalement pour des doses inférieures à la DMA. Lorsqu'il y a surexposition, le service médical est alerté et procède comme l'a indiqué le Dr Jammet. Jusqu'à ce jour, nous n'avons eu à prescrire aucun retrait pour surexposition.

Dr JAMMET (France)

Quels sont, en cas de surexposition, les examens biologiques demandés afin de parvenir à une estimation de la dose ? Et dans quelle éventualité ces différents examens cytogénétiques, hématologiques et biochimiques sont-ils demandés dans les différents organismes ?

Dr FAES (Belgique)

Notre schéma est le suivant. Lorsqu'il y a possibilité de surexposition estimée à plusieurs rem, nous faisons un examen hématologique complet : GR,GB, plaquettes, réticulocytes, lymphocytes binucléés. Nous envisageons de faire automatiquement en pareil cas un caryogramme et un examen des acides aminés.

Dr MOEHRLE (République Fédérale Allemande)

Nous avons pratiqué une ponction sternale et un caryogramme pour une irradiation de 12 rem. Mais ces examens ne sont nullement nécessaires pour des doses d'irradiation globale de l'ordre de 10 rem.

Dr CANET (France)

Dans notre service, nous avons pratiqué des examens cytogénétiques pour des travailleurs irradiés. Les seuils les plus bas étaient de l'ordre de 7 à 8 rem. Pour des irradiations plus importantes pour lesquelles la dosimétrie n'avait pas apporté toutes les explications souhaitées concernant l'irradiation, les données des examens cytogénétiques confirmèrent celles du film, cela pour des doses de l'ordre de 25 à 30 rem. Certes, ces examens cytogénétiques sont difficiles à faire, mais nos observations en confirment tout l'intérêt.

Dr GENOT (Belgique)

Hors des centres nucléaires, nombre d'individus sont très réellement menacés par un risque de surexposition. Il serait intéressant que pour les services médicaux chargés de la surveillance de ces personnes, des codes de pratiques clairs, explicites et aussi complets que possible soient disponibles afin que tous les médecins soient informés des attitudes à prendre.

Dr JAMMET (France)

Il serait souhaitable en tout cas que tous les médecins du travail puissent, le cas échéant, faire appel à des médecins du travail consultants spécialisés en matière de surveillance des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Actuellement, nombre d'informations recueillies après surexposition sont peu ou mal utilisées. Ne pourrait-on entre les Six pays centraliser ces informations pour en tirer éventuellement des conclusions.

Dr RECHT (Euratom)

Il est difficile de collecter les informations et une amélioration de cette collecte devrait pouvoir être étudiée. Il y aurait peut-être un effort à faire pour que dans les Six pays, pour des expositions de même ordre, 10 rem par exemple, des examens cytogénétiques et biochimiques soient effectués plus fréquemment et leurs résultats confrontés et comparés.

Dr JAMMET (France)

Les accidents radiologiques doivent être obligatoirement déclarés. D'autre part, il est possible de procéder à des enquêtes privées dans un but de thèse par exemple ou de publications médicales, Mais le secret professionnel peut constituer en ce cas un écran un peu excessif.

En tout cas, les examens cytogénétiques bénéficieraient très certainement d'une étude comparative.

Dr FARULA (Italie)

A l'ENEL, pour les irradiations supérieures à 10 rem, et nous avons eu 4 cas de ce genre, en plus de la reconstitution à des fins de dosimétrie, on procède à des examens hématologiques, biochimiques et cytogénétiques. Par contre, dans les autres centres, ces examens ne sont effectués que pour les irradiations supérieures à 25 rem. Il ne s'agit pas d'irradiations aiguës, mais de doses cumulées dans des circonstances normales.

Dr MOEHRLE (République Fédérale Allemande)

Les ponctions sternales bien faites ne sont pas douloureuses. Et les anomalies chromosomiales sont plus aisément décelables par ponction de moelle que par prélèvement de sang périphérique.

### **C — Décisions thérapeutiques et administratives que le service médical peut être amené à prendre**

Dr JAMMET (France)

Certaines interventions thérapeutiques s'imposent d'urgence parfois et cela essentiellement vis-à-vis de la contamination interne. En ce qui concerne l'irradiation externe, les temps d'apparition des lésions sont tels qu'à moins d'irradiations suraiguës, il n'y a pas d'urgence à proprement parler et que la plupart des interventions thérapeutiques sont réservées à la médecine hospitalière.

Donc, en cas de contamination interne, certaines indications thérapeutiques s'imposent sur place, parfois de toute urgence, dans la minute qui suit, dans le cas par exemple d'une contamination par blessure. Certaines autres interventions doivent être effectuées à l'infirmerie de l'établissement dans le quart d'heure qui suit l'accident. En outre, certaines thérapeutiques peuvent être palliatives et permettre d'attendre un transfert en milieu hospitalier.

Certaines interventions du service médical revêtent un caractère *administratif*. C'est ainsi qu'il peut être demandé qu'un travailleur soit mis dans des conditions de travail différentes, qu'il soit moins ou non exposé à une irradiation ou à une contamination éventuelle. Il y a lieu également de procéder à un enregistrement de la surexposition et des doses reçues afin de réserver l'avenir en cas de maladie professionnelle ultérieure.

Le médecin du travail ne prend pas de sanctions sur le plan administratif, mais il peut être amené à demander un changement d'affectation. Et les questions que je souhaiterais voir débattre au cours de ce colloque sont les suivantes : en

cas de surexposition survenue dans les conditions normales du travail (4 rem dans un trimestre par exemple), faut-il soustraire le travailleur à tout risque d'irradiation ou faut-il le maintenir à son poste avec une irradiation moyenne moindre ou faut-il le maintenir à son poste purement et simplement ? Enfin, pour quelle surexposition décide-t-on de déclarer officiellement une surexposition ?

Dr MAZAURY (France)

La question méritait d'être posée, car jusqu'à présent, la formule  $D = 5 (N-18)$  n'a pas été appliquée en France, en ce sens qu'on s'est basé sur la loi de 5 rem/an. Il serait souhaitable que tous les participants se mettent d'accord sur une règle à suivre en la matière.

Dr RECHT (Euratom)

Dans quels cas applique-t-on la possibilité qu'offrent les Normes de recevoir 3 rem par trimestre, c'est-à-dire 12 rem par an, tout en respectant la formule.

Pr SIMON (Belgique)

Dans un centre anticancéreux, il n'y a pas en général de cas de contamination. Les problèmes de surexposition se posent en matière de curiethérapie car la protection est difficile et il faut partager le travail entre un certain nombre de médecins et de techniciens afin que chacun d'entre eux ne reçoive pas une dose supérieure à la dose prescrite par les Normes. Dès lors, il est nécessaire de prévoir une augmentation du personnel ce qui est souvent fort difficile à obtenir des autorités supérieures. Dans l'ensemble, nous essayons d'appliquer la formule, les doses variant entre 5 et 12 rem. Nous procédons à des « roulements » dans le personnel, chaque infirmière ne restant guère plus de 6 mois dans le service.

Dr LETARD (France)

La déclaration de l'accident pose un certain nombre de problèmes. Il est assez difficile de trancher en la matière car au terme de la loi l'accident de travail est un événement qui cause une lésion du corps humain. C'est un fait d'origine extérieure à celui qui la subit, une force naturelle pouvant en être la cause. C'est enfin un fait soudain correspondant à un choc qui peut cependant avoir lieu sans traumatisme violent. En fait, il est très souvent difficile de décrire une lésion qui le plus souvent n'existe pas. On peut, et c'est la suggestion qu'a faite le Dr Gillon, faire une déclaration de principe au médecin inspecteur du travail. Comme d'autre part les doses sont comptabilisées, il est évident que des doses mêmes minimales acquises au cours d'accidents interviendraient certainement en faveur de la déclaration d'une maladie professionnelle inscrite dans le tableau

qui la concerne. Le Dr Gillon souhaitait que lorsqu'un travailleur reçoit en une fois une dose dépassant 3 rem, cette déclaration soit faite à l'inspection du travail. Il semble, d'après le texte, que nous ne serions en mesure de faire une déclaration d'accident de travail que dans la mesure où une lésion ou même une lésion humorale caractéristique même transitoire serait observable.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Il faut opérer une distinction entre l'irradiation externe et la contamination interne. Pour une irradiation, il est facile de parvenir à un accord sur des chiffres avec les autorités du travail. En ce qui concerne la contamination, les résultats des examens peuvent parvenir un certain nombre de jours après celle-ci. Et il est nécessaire en pareil cas de prévoir une attitude différente.

Dr CANET (France)

A l'Institut du Radium, nous avons déclaré 5 accidents du travail en 2 ans pour des sujets qui avaient absorbé des doses différentes. Ces sujets présentaient tous des aberrations chromosomiques. On peut donc dire qu'il y a lésion à partir du moment où il y a lésion de ce genre.

Dr JAMMET (France)

En réalité, il y a lieu de faire un distinguo entre une lésion que l'on peut considérer comme un dommage et une manifestation décelable. Dans l'esprit législateur, en cas d'accident de travail, il y a lieu de *dédommager* le travailleur victime d'un accident. Et il est difficile de dédommager s'il n'y a pas de dommages. Une altération chromosomique en elle-même n'est pas un dommage puisque l'individu n'en souffre pas. Ce sont les conséquences de cette altération qui peuvent éventuellement devenir un dommage. Mais tout individu peut être porteur d'aberrations de ce genre. Les altérations chromosomiques pourraient peut-être être enregistrées dans le dossier au même titre que les doses. Si une manifestation quelconque se présentait dans l'avenir, celle-ci pourrait être considérée comme une maladie professionnelle, à la condition toutefois qu'elle figurât au tableau.

Dr CANET (France)

Lorsqu'on parle de dommage corporel, il est très difficile de dire si celui-ci se rattache à une maladie professionnelle ou à un accident du travail. De même il est très difficile de rattacher un symptôme comme une leucopénie à une irradiation, tout comme il est très difficile de rattacher une aberration chromosomique à cette même irradiation. La notion de dommage corporel est très vaste et ne doit pas être confondue avec ce qui a été établi dans le tableau des maladies professionnelles.

Dr RECHT (Euratom)

Ces deux questions ont été abordées à Nice, mais incomplètement car l'élément jurisprudentiel fait encore présentement défaut en matière de radiations. C'est la jurisprudence en effet qui a défini l'accident du travail et déterminé les cas dans lesquels il faut considérer le dommage. Il n'existe pas de définition légale de l'accident de travail dans un grand nombre de législations. En Belgique cependant, la Cour de Cassation a donné une définition de l'accident du travail.

Le problème des maladies professionnelles est différent. Il n'est pas traité de la même manière dans les Six Pays. La France est à cet égard le pays qui apporte le plus de précisions, puisqu'il existe une liste des maladies professionnelles, une symptomatologie précise et des délais.

Mon opinion personnelle est qu'il faudrait arriver à établir une distinction plus précise entre la notion de « dommage » et celle que nous avons qualifiée « d'anomalie », car le problème de cette dernière n'est pas résolu. Aussi bien dans le domaine de l'hématologie que dans celui de la cytogénétique, la liaison dans le temps entre anomalie et irradiation anormale est jusqu'à présent difficile à établir.

Le problème des accidents du travail est compliqué par le fait que le déclenchement de la procédure d'inscription d'une surexposition ressortirait au droit de la réglementation du travail et non à celui de la radioprotection; d'autre part, l'ensemble des circonstances qui entourent ce qu'on qualifie d'accident doit être pris en considération.

Il est apparu au Symposium de Nice que certaines dispositions administratives, notamment en France, prévoyaient l'inscription dans un registre spécial de l'évènement de surexposition pour des doses supérieures à 3 rem; mais c'est au-delà de 25 rem que la surexposition est signalée comme accident de travail. De telles dispositions sont intéressantes, mais il manque néanmoins de nombreux éléments d'appréciation et le problème est loin d'être résolu d'une manière analogue dans tous les pays.

Dr FARULA (Italie)

Les modifications chromosomiques sont fréquentes, même chez les sujets sains. Eventuellement, la notion de dommage pourrait être reliée au caractère stable ou instable de ces anomalies.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Dans beaucoup de domaines, nous savons qu'il existe deux risques : les accidents du travail et les maladies professionnelles. Or, dans le domaine des radiations ionisantes, les deux définitions ne conviennent pas parfaitement.

En effet, comme nous l'avons vu, deux problèmes se posent à propos des dépassements de doses et des anomalies sans dommages. Il faudrait aboutir à un système réglementaire ou jurisprudentiel tel que l'on puisse enregistrer tout dépassement de dose sans déclencher toutes les conséquences qui découlent de la déclaration d'un accident de travail.

Dr JAMMET (France)

Cette solution n'est peut être pas très prudente, car en matière d'accidents du travail et de maladies professionnelles, l'expérience que nous avons est très satisfaisante et il semble souhaitable que les accidents et les maladies professionnelles dus aux radiations ionisantes s'insèrent dans le cadre général des accidents et des maladies professionnelles et que des définitions soient données sur le modèle de celles qui existent pour une intoxication benzénique ou pour des traumatismes mécaniques par exemple.

La différence — et c'est là que se situe le problème — réside dans le fait qu'en matière de radiations, nous disposons de résultats de mesures. Le débat est un peu faussé car une confusion s'introduit entre la notion de surexposition, et celles de maladie professionnelle et d'accident du travail.

A mon sens, on pourrait considérer qu'il y a accident du travail lorsqu'une modification ou une altération de l'organisme préjudiciable est apparue à la suite d'un événement fortuit et qu'il y a maladie professionnelle lorsque celle-ci peut être due à une irradiation.

La seule question qui se pose concerne l'attitude qu'il y a lieu de prendre lorsqu'il y a surexposition sans accident de travail et qu'une maladie professionnelle n'est pas encore cliniquement décelable. Cette surexposition peut être enregistrée mais comme un document qui pourrait servir en cas de maladie professionnelle survenant ultérieurement.

Pr SIMON (Belgique)

L'accident de travail doit être déclaré très rapidement sinon il ne serait pas reconnu comme tel par les réglementations nationales.

Dr RECHT (Euratom)

Dans le cas des surexpositions, le problème est compliqué car il s'agit d'enregistrer des surexpositions ou des dépassements de doses limites en prévision d'un dommage ultérieur. La notion d'un risque potentiel intervient, et il n'est pas certain que si une jurisprudence apparaissait sur ce point, la notion de risque potentiel ne serait pas retenue. Certes, les réglementations nationales admettent les risques tardifs, mais l'événement de la surexposition doit être enregistré

sous une forme acceptable par le droit de réparation du dommage pour que cette réparation puisse être accordée ultérieurement. Le registre étiologique où se ferait l'inscription pourrait-il faire foi si par exemple une leucémie se déclarait dans la suite? Il est déjà parfois difficile de trancher entre maladies professionnelles et accidents du travail sur le plan juridique. Dès lors, comment la notion de risque potentiel pourrait-elle être interprétée par le juge ou la sécurité sociale ou éventuellement être inscrite dans une législation appropriée? Autant de questions qui, comme nous l'avons déclaré à Nice, n'ont pas encore reçu de véritable réponse.

Dr ROSE (République Fédérale Allemande)

Ne serait-il pas possible en matière de radiations ionisantes de procéder par analogie avec ce qui se passe dans les autres domaines et de considérer comme accident tout événement qui a fait l'objet d'un examen médical sinon immédiatement du moins dans un délai très court?

Dr FRANÇOIS (France)

En matière d'accident, ce qui compte principalement c'est l'enregistrement de celui-ci. C'est ainsi que dans l'industrie électrique, les cataractes électriques peuvent apparaître très tardivement. S'il apparaît dans un registre qu'il y a eu passage de courant au niveau de la face, les caisses de Sécurité sociale considéreront cette cataracte comme un accident électrique lorsque la déclaration de celle-ci sera faite un an ou deux ans plus tard. Donc, actuellement, la solution de l'enregistrement semble être la plus raisonnable à partir du moment où une dose supérieure à 3 rem a été reçue.

Dr KAYSER (Luxembourg)

Considérons par exemple le cas d'une assistante radiologique qui subit une irradiation globale estimée à 30 rem. Qui va indemniser le dommage subi si le médecin prescrit à cette assistante l'abandon du travail? Il faut que cette sur-exposition soit considérée comme un accident de travail pour que l'assurance puisse intervenir.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Peut-être pourrait-on, à propos du cas signalé par M. Kayser, considérer ce qui se passe dans le cas des invalidités de guerre et procéder par analogie.

Dr RECHT (Euratom)

Il ne faudrait pas qu'en un tel cas, le médecin du travail prenne des décisions abusives sans nécessité sur le plan biologique.

Dr GAUWERKY (Republique Fédérale Allemande )

En République fédérale, nous procédons également à un enregistrement pour les doses supérieures à 3 rem en 13 semaines. D'autre part, si le médecin du travail a procédé à une interprétation erronée des Normes, il est toujours possible au travailleur de recourir à une instance supérieure pour que l'erreur soit corrigée et pour que la carrière de ce travailleur ne soit pas affectée.

Dr RECHT (Euratom)

Ce système de recours est prévu dans les Normes de base, mais pour le moment, la jurisprudence manque en ce domaine.

Dr CANET (France)

Je dois rappeler à propos des 5 cas de surexposition que j'ai évoqués précédemment, que 4 de ces cas concernaient des irradiations globales supérieures à 25 rem et que le 5<sup>e</sup> concernait une irradiation globale de 8 rem et de 350 rem à la face. Le Pr. Lejeune qui effectua les examens cytogénétiques de ces travailleurs fut affirmatif à propos des relations de cause à effet entre la surexposition d'une part et les aberrations constatées d'autre part.

Dr RECHT (Euratom)

Il est quasi impossible d'apporter une conclusion définitive à cette discussion. L'enregistrement des doses supérieures à 3 rem semble être actuellement appliqué dans tous les centres nucléaires et apparaît comme une mesure indispensable afin de préserver l'avenir du travailleur nucléaire.

De nombreux problèmes restent encore à régler en ce qui concerne l'intervention de la réglementation du travail et sa coordination avec les législations de radioprotection. En tout état de cause, le résultat de notre échange de vues est que le médecin du travail continuera à apprécier cas par cas quelles décisions il devra prendre en fonction notamment de considérations biologiques, professionnelles, mais aussi sociales et humaines.

## CHAPITRE III

### Risques associés aux rayonnements ionisants

**Dr RECHT** (Euratom)

Nous avons pensé qu'il était opportun d'aborder pour la première fois un problème qui n'est envisagé dans aucune disposition réglementaire ou code de pratique. C'est celui des risques que peut présenter pour le travailleur nucléaire l'exposition à d'autres toxiques industriels et l'addition de ces risques à ceux de l'irradiation. Nous avons demandé au Dr Lafontaine de nous présenter le rapport introductif de cette importante question, en ayant conscience qu'il ne sera pas possible au cours de la session de ce matin d'arriver à se faire une opinion définitive et complète sur cette question.

**Dr LAFONTAINE** (Belgique)

La pathologie professionnelle et d'une manière générale, l'étude des troubles dus à l'action des agents chimiques et physiques se sont progressivement développées à partir de constatations cliniques ou expérimentales où généralement un facteur d'agression déterminé pouvait être mis en évidence.

Sur le plan scientifique, cette corrélation univoque a été précieuse pour fixer l'étiopathogénie des affections; sur le plan social, elle a facilité l'établissement des relations causales et l'instauration d'un système de réparation.

Toutefois, sur le plan pratique, il faut reconnaître que les problèmes ne sont pas aussi simples que la classification pourrait le faire croire. Il est rare qu'un individu soit exposé à un seul risque, même si l'on ne considère que sa seule activité professionnelle. La complexité s'accroît davantage si l'on se place dans le contexte global où vit l'individu (facteurs d'agression du milieu extra-professionnel, conditions physiologiques : puberté, ménopause, grossesse, etc., maladies, médications, répercussions sur le capital génétique). C'est le médecin seul qui est capable d'apprécier les multiples données qui lui sont apportées par l'anamnèse, les enquêtes épidémiologiques, les données biologiques, les mesures faites par les services de surveillance physique ou chimique.

La pathologie des radiations ionisantes n'échappe pas à la règle et si les recherches expérimentales et les observations cliniques ont permis de dégager des normes pour les niveaux d'irradiation ou de décontamination et d'organiser la protection radiobiologique, il est évident que le médecin doit tenir compte de tous les autres facteurs qui peuvent intervenir concurremment, qu'ils soient ou non concomitants, qu'ils soient d'origine professionnelle ou extra-professionnelle. Ces facteurs sont généralement défavorables mais ils peuvent être aussi dans certains cas favorables.

Avant d'envisager le rôle des risques hétérologues qui menacent les personnes professionnellement exposées aux radiations ionisantes, il est peut-être bon de rappeler brièvement les facteurs radiobiologiques qui constituent les conditions de l'irradiation et les caractères généraux des radio-lésions.

Les effets radiobiologiques dépendent de la quantité d'énergie absorbée par la matière vivante, c'est-à-dire de la dose; toutefois, ces effets varient avec la répartition spatiale et temporelle du rayonnement au sein de l'organisme, avec la qualité du rayonnement et la nature du tissu irradié. Trop longtemps ces effets ont été dissociés des effets toxicologiques d'autres facteurs d'agression, qu'ils soient physiques ou chimiques, et traités d'une manière trop théorique. Il importe de repenser ces effets sous l'angle de la toxicologie classique et d'en tirer des conclusions pratiques.

Les conséquences radiopathologiques présentent, par ailleurs, une série de caractéristiques :

- a) elles sont essentiellement *polymorphes*, qu'il s'agisse de troubles somatiques ou de troubles génétiques;
- b) elles sont en général *non spécifiques*, mis à part peut-être le syndrome aigu d'irradiation et certaines mutations;
- c) elles peuvent être *aiguës* et survenir rapidement après l'irradiation mais elles peuvent aussi survenir après un *délai très long*;
- d) s'il y a irréversibilité pour les cancers et les mutations génétiques induites par les rayonnements, il y a souvent tendance à la restauration pour les autres lésions en fonction de la répartition spatiale et temporelle;
- e) elles peuvent se transmettre de cellule à cellule dans la cancérisation et d'individu à individu en cas de tares génétiques;
- f) enfin, ces lésions peuvent provenir d'effets combinés ou d'autres facteurs d'agression ou certaines susceptibilités particulières cumulent leurs effets à ceux des radiations ionisantes, que celles-ci interviennent sur un terrain altéré par une intoxication ou une maladie préexistante ou que celles-ci ouvrent la voie à des troubles infectieux, circulatoires ou métaboliques.

L'énumération de ces caractéristiques suffit à expliquer pourquoi les risques des radiations ne peuvent, du point de vue médical, être dissociés des autres risques : il est certain, par exemple, que le sujet exposé professionnellement au benzol ou soumis à une médication médullo-toxique ou atteint d'une hémopathie constitutionnelle ou acquise doit être considéré a priori comme plus susceptible de présenter des troubles hématologiques sous l'effet des radiations.

Comme cette réunion est axée sur les risques professionnels, je développerai particulièrement aujourd'hui les risques associés d'origine professionnelle. Toutefois, de même qu'il doit connaître les expositions aux radiations ionisantes d'origine extra-professionnelle, le médecin du travail doit chaque fois s'informer des facteurs d'agression provenant de la vie extra-professionnelle et des facteurs constitutionnels qui peuvent interférer, généralement défavorablement avec les actions nocives des radiations ionisantes : il en tiendra compte lors des examens d'embauche aussi bien que lors de la surveillance routinière ou exceptionnelle. Par ailleurs, l'hygiéniste préoccupé par les effets des radiations ionisantes sur les populations doit être capable de faire la somme des conséquences de l'ensemble des facteurs d'agression et ne jamais négliger un risque pour l'autre.

Nous considérerons successivement les principales affections radiopathologiques et les facteurs hétérologues qui sont à prendre en considération.

Si le sang circulant est peu sensible à l'action des rayonnements, les organes hématopoïétiques sont fort radiosensibles avec, comme conséquence, des destructions cellulaires (anémie, leucopénie, thrombopénie) ou des dérèglements de la division cellulaire et transformation leucémique. Il conviendra donc de savoir si l'intéressé est simultanément exposé à des toxiques susceptibles de provoquer une anémie aiguë (hydrogène arsénié, poisons méthémoglobinisants, trichloréthylène) ou chronique (benzène et homologues ainsi que leurs dérivés chlorés, aminés, nitrés et sulfonés, plomb), une leucopénie, voire une agranulocytose (benzène, ses homologues et leurs dérivés, mercure), une thrombopénie (encore une fois le benzène, ses homologues, leurs dérivés ainsi que le mercure). Enfin, il faut se souvenir que le benzène a été reconnu responsable de leucose aiguë (généralement la forme aleucémique lymphoblastique) et de leucose myeloïde chronique, rarement de leucose lymphoïde chronique.

Bien que cet exposé soit limité aux risques hétérologues d'origine professionnelle, il est difficile de passer sous silence ici le nombre sans cesse croissant de médicaments à action médullotoxique possible ou sournoise.

En ce qui concerne les os, les radiations peuvent provoquer toute une gradation de lésions allant de la simple sclérose de la trame à la nécrose osseuse à évolution prolongée et à l'ostéosarcome.

Si le benzène a aussi été accusé d'avoir provoqué de rares cas de lympho- ou de réticulosarcome, c'est plutôt pour son action médullotoxique qu'il devra

être surveillé et, en ce qui concerne les os, ce sont surtout des effets nocifs du cadmium, du beryllium et du fluor dont il faudra se méfier, sans oublier la « goutte saturnine ».

Enfin, certaines infections d'origine professionnelle possible peuvent également retentir sur les os et éventuellement interférer avec l'action des radiations : ce sont surtout la brucellose et la tuberculose.

En pathologie oculaire, c'est surtout l'atteinte des cristallins qui a été signalée comme conséquence des rayonnements à forte densité d'ionisation : ce sont donc les autres facteurs professionnels susceptibles de provoquer des lésions cristalliniennes qui doivent entrer en ligne de compte. Je pense surtout à la cataracte dite électrique et à la cataracte dite des verriers. Bien qu'il y ait des différences histologiques au niveau des points d'impact de ces cataractes, le diagnostic différentiel est souvent difficile et si un sujet est simultanément exposé aux deux risques, il faudra d'une part redoubler les mesures de précaution et, d'autre part, prendre en considération, en cas de lésions, les deux facteurs étiologiques possibles.

Au niveau de la peau, les radiations peuvent entraîner de simples modifications fonctionnelles, comme l'érythème ou des altérations structurales plus ou moins importantes souvent après un temps de latence plus ou moins long (brûlures, nécroses, cancers). La variété de ces manifestations d'une part, la multiplicité des facteurs d'agression pour la peau d'autre part, empêchent d'entrer dans le détail. Toutefois, une attitude particulière sera accordée aux agents physiques (froid, chaleur, ultraviolets, particules projetées) qui peuvent causer des réactions dermatologiques pouvant prêter à confusion, d'autant plus que certaines réactions peuvent aller jusqu'au granulome (beryllium, silice) ou même jusqu'au cancer.

A propos du cancer cutané, le médecin du travail devra également se rappeler des risques liés aux hydrocarbures, aux goudrons et aux dérivés arsenicaux.

Au niveau des glandes sexuelles, les cellules reproductrices sont plus sensibles que les cellules à sécrétion endocrine et de plus, leur atteinte peut avoir des conséquences génétiques : il est très probable que les facteurs rencontrés dans l'industrie puissent jouer eux aussi un rôle direct ou favorisant, mais à l'heure actuelle si certains toxiques industriels peuvent toucher les glandes sexuelles, il est difficile d'affirmer l'importance des lésions et encore plus d'envisager les conséquences génétiques éventuelles.

Dans les syndromes d'irradiation aiguë, ce sont surtout les facteurs traumatiques et les brûlures thermiques et chimiques concomitantes qui méritent surtout l'attention du médecin du travail.

Quant au syndrome chronique d'irradiation, s'il n'est pas caractérisé par des atteintes de la peau, des os, des organes hémo-poïétiques ou des cristallins,

il reste fort mal défini; tous les facteurs professionnels ou extra-professionnels pouvant engendrer un vieillissement prématuré doivent être éliminés avant de pouvoir incriminer les radiations.

Le problème du cancer professionnel a été déjà incidemment évoqué dans cet exposé. Les radiations ionisantes peuvent entraîner des cancers cutanés, des sarcomes osseux, des tumeurs bronchiques, des leucémies, mais elles peuvent jouer un rôle mal défini dans l'apparition d'autres cancers.

Il importe, à mon avis, en ce qui concerne les effets des radiations ionisantes, de se méfier non seulement des facteurs connus comme cancérrogènes (asbeste, chromates, nickel, carbonyl, hydrocarbures minéraux, amines aromatiques, etc.) mais aussi des agents chimiques et physiques suspects (uréthane, cellophane, tétrachlorure de carbone, traumatismes, etc.) et du rôle fondamental des diverses conditions préparantes groupées sous le vocable de facteurs de cocancérogénèse pour les radiations ionisantes comme pour les agents chimiques. Il est probable que le potentiel cancérrogène peut être notablement modifié, en plus ou en moins, selon leur association entre eux ou à d'autres substances qui peuvent jouer, selon le cas, le rôle d'accélérateur ou de freinateur. Cette relation est valable dans les deux sens et il convient de se poser certaines questions au sujet d'autres actions nocives : entre autres, chez les mineurs de charbon et de fer qui peuvent être exposés dans certains cas à des concentrations non négligeables de radon, ne peut-on pas se poser la question de savoir quelle est la part due aux radiations à côté du rôle joué par les poussières, la silice et les phénomènes infectieux surajoutés dans les pneumoconioses observées et dans certains syndromes curieux comme celui de Coplan-Colinet.

Cet exposé élémentaire, parfois abusivement schématisé, n'a pour but que de soulever la question des risques associés. Celle-ci n'est pas spécifique aux radiations ionisantes : trop souvent les mesures préventives, la surveillance médicale, le diagnostic, la décision d'aptitude, les conclusions médico-légales, voire les décisions thérapeutiques ne tiennent pas suffisamment compte des autres facteurs d'agression, de prédisposition ou de résistance; il importe toutefois de les apprécier au mieux, de les évaluer et d'en faire la somme. Seul le médecin possède le faisceau d'informations lui permettant une telle interprétation, compte tenu de toutes les données apportées par le chimiste, le physicien et le biologiste.

Si l'on n'envisage que les risques professionnels, il importe de considérer l'ensemble des activités de l'intéressé et de ne pas accorder une place exclusive au facteur qui apparaît comme spécifique : on peut le considérer souvent comme principal, presque jamais comme unique.

L'association de deux ou plusieurs risques différents dans leurs conséquences ne doit pas être non plus négligée; l'exposition aux radiations ionisantes ne doit pas, par ailleurs, faire oublier les autres risques auxquels le travailleur nucléaire peut être exposé.

Certes, la solution aux questions soulevées n'est pas toujours aisée et la décision dépendra souvent d'une subtile appréciation; il est pourtant probable que les progrès de la recherche expérimentale et l'accumulation des données cliniques et pathologiques permettront peu à peu d'accorder à chaque facteur la place qui lui revient, de décrire les mesures de prévention, les contrôles à effectuer et d'en tirer une meilleure organisation des examens d'embauche et de surveillance.

En ce qui concerne les radiations ionisantes, il serait souhaitable que les travaux ne s'intéressent pas seulement aux cas où leurs effets peuvent se combiner à ceux de certains produits chimiques simultanément mis en œuvre mais aussi aux cas où des facteurs toxiques extra-professionnels — et entre autres certains médicaments — ajoutent leur action à celle des radiations et aux cas des maladies professionnelles où les radiations jouent peut être un rôle associé, peut-être plus important qu'on ne l'a cru jusqu'à présent. Cette intrication de divers facteurs d'origine et d'importance diverses demandent que l'on considère en radiobiologie, en radiopathologie et en radioprotection professionnelles ou extra-professionnelles l'individu soumis à une série d'influences favorables ou défavorables. Il est en conséquence nécessaire que la radiotoxicologie ne s'écarte pas des principes de la toxicologie et de la pathologie expérimentales, que l'hygiéniste orienté vers la radioprotection n'oublie pas les dangers classiques de l'ambiance, que le médecin chargé de veiller sur les risques professionnels des radiations ionisantes reste pleinement attentif aux autres nuisances. Le médecin à qui incombe cette responsabilité doit posséder l'expérience et les connaissances qui lui permettent de les détecter, de les évaluer et de les combattre en même temps qu'il veille à lutter contre les risques inhérents aux radiations. Il doit également tirer de ses observations le maximum d'informations scientifiques et savoir faire en outre la part du risque professionnel et du risque social. Il est donc évident que la spécialisation en radioprotection doit aller de pair avec des connaissances de base de l'ensemble des risques professionnels et que la fiche d'irradiation doit se compléter progressivement par une fiche de nuisances telle qu'elle a déjà été établie dans certains pays.

## **Discussion**

Dr RECHT (Euratom)

Dans la plupart des centres nucléaires, il existe des fiches sur lesquelles doivent figurer toutes les nuisances auxquelles le travailleur nucléaire est exposé à son poste de travail. Il serait souhaitable que chacun de vous expose comment il s'est intéressé au problème des risques non liés aux radiations ionisantes, quels sont les produits ou les risques évoqués par le Dr Lafontaine qu'il a rencontrés, quelle part les services de radiotoxicologie prennent dans le dépistage

de ces toxiques, comment il prend en considération les effets de ces toxiques pour surveiller le travailleur et comment il tient compte de l'association synergique de certains produits industriels.

Dr FAES (Belgique)

Au CEN de Mol, nous tenons compte des effets que Monsieur Lafontaine vient de décrire. D'une part, lors de l'embauche on mentionne sur le formulaire les activités antérieures du travailleur. Une rubrique spéciale au sein de ce formulaire concerne les risques relatifs aux activités professionnelles antérieures. Cette rubrique fait une place également à certaines affections ou infections qui pourraient être héréditaires et qui sur le plan médico-légal pourraient revêtir un intérêt ultérieur au cas où une affection attribuable aux radiations surviendrait.

D'autre part, pour la surveillance des travailleurs déjà embauchés, il existe une fiche de nuisance que nous appelons fiche d'exposition au danger des maladies professionnelles. Sur cette fiche, nous avons fait figurer un certain nombre de produits dangereux dans l'ordre où ils sont considérés dans la législation belge : produits inorganiques d'abord, tels que le plomb, le mercure, le phosphore, l'arsenic, le cadmium, le fluor, le béryllium, l'acide chronique, le chlore, le brome et l'iode; produits organiques, c'est-à-dire les solvants tels que le benzène, le toluène et le xylène, les hydrocarbures, les dérivés halogénés des hydrocarbures et le pétrole. Ces produits chimiques sont classés comme nocifs et sont considérés comme importants, tant vis-à-vis du travail proprement dit que vis-à-vis de l'avenir du travailleur qui en même temps pourrait être exposé à des radiations. Par ailleurs, il est certain que certains des effets attribuables à certains des produits toxiques énumérés pourraient être également attribuables aux radiations ionisantes.

Dr RECHT (Euratom)

En Belgique, il existe une liste de maladies professionnelles indemnisables qui représente en quelque sorte un inventaire des produits toxiques utilisés dans l'industrie. Une centaine de produits toxiques sont manipulés à Mol. Le CEN est-il reconnu par la législation des maladies professionnelles pour l'indemnisation de tous les cas qui surviendraient et qui pourraient être rapportés aux toxiques utilisés?

Dr FAES (Belgique)

Chaque année, pour l'ensemble des personnes travaillant au centre nucléaire de Mol, nous remplissons des formulaires complets pour l'année écoulée. Aucun pronostic n'est demandé pour les expositions éventuelles au cours de l'année à venir. Il est permis de citer les personnes qui ont été exposées au cours de l'année écoulée. Cette déclaration est suffisante pour couvrir les frais qui découleraient

d'une exposition au danger des maladies professionnelles. Le Centre de Mol paie donc chaque année au Fonds de Prévoyance des Maladies Professionnelles, des redevances en fonction de tous les risques auxquels sont soumis les travailleurs.

Dr GENOT (Belgique)

Si le CEN de Mol paie la redevance, tous les cas de maladies professionnelles pourront être indemnisés sans aucun doute possible.

Dr RECHT (Euratom)

Donc, le médecin du travail établit avec les chefs de service une liste des nocivités conventionnelles et le chef de l'établissement prend la responsabilité de transmettre cette liste aux organismes officiels.

Dr DEMULDER (Belgique)

Depuis la fin de 1964, la législation concernant l'indemnisation des maladies professionnelles a été quelque peu modifiée. Avant cette date, il en était comme vient de le décrire le Dr Faës. Maintenant toute entreprise paie pour chaque agent une cotisation forfaitaire. Si une intoxication survient au sein de l'entreprise, l'employeur doit payer une cotisation de pénalisation.

Dr DELPLA (France)

Cette disposition n'est pas sans danger semble-t-il, car elle ne fait pas de distinction entre les affections qui surviennent spontanément et celles qui sont dues à un relâchement de la surveillance du personnel. Qui décide de la pénalisation à appliquer?

Dr DEMULDER (Belgique)

En général, la législation admet la présomption d'office et n'exige pas que l'on établisse la preuve du lien de cause à effet entre maladie professionnelle et toxique manipulé.

Dr MOEHRLE (République Fédérale Allemande)

Il en est de même à Karlsruhe qu'à Mol.

Dr KUEPFER (République Fédérale Allemande)

A Jülich, nous avons un fichier pour le plomb, le fluor, le béryllium, le mercure, les solvants.

Dr STRAMBI (Italie)

A la Casaccia, nous avons une fiche de nuisances analogue à celle des autres centres. Le médecin du travail évalue les risques en collaboration avec le chef de laboratoire responsable de la sécurité dans le Centre. Parmi les différents produits toxiques rencontrés, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome, l'acide fluorhydrique, l'ammoniac, les vapeurs nitreuses, l'oxyde de carbone, l'anhydride sulfureux et les composés organiques : benzène, toluène, chloroforme, acétone, vapeurs alcooliques. Le service toxicologique effectue des mesures d'ambiance destinées à vérifier que les concentrations maximales tolérables ne sont pas dépassées (valori proposti dalla Conferenza Americana degli Igienisti Industriali Governativi - Pittsburgh - Pennsylvania, 16-17 Maggio 1966) pour les différents toxiques industriels. Ces contrôles sont effectués en routine ou sur demande des laboratoires dans certains cas. En outre, ce même service toxicologique effectue des mesures sur les travailleurs et procède en particulier à des examens des urines.

Dr FARULLA (Italie)

A l'ENEL, la liste des toxiques industriels est la même qu'à la Casaccia.

Dr MAZAURY (France)

La fiche de nuisances que nous avons élaborée est destinée à l'établissement de cartes mécanographiques qui comportent au recto les exigences sensorielles, dynamiques et motrices du poste de travail, l'ambiance de travail et des indications concernant les horaires du travail. Au verso de cette fiche figurent les nuisances :

1. rayonnements ionisants : irradiation et contamination,
2. nuisances toxiques :
  - a) *toxiques minéraux* : plomb et dérivés, béryllium et dérivés, autres minéraux;
  - b) *gaz et vapeurs toxiques* : oxyde de carbone, acide cyanhydrique, hydrogène sulfuré, sulfure de carbone, benzène, essences et pétroles divers, tributylphosphate, autres gaz et vapeurs;
  - c) *caustiques* : acides et alcalis, perhydrol, acide chromique et sels, phénol, crésol, autres caustiques;
  - d) *irritants respiratoires* :
    - α) poussières : silice et dérivés, graphite, poussières diverses;
    - β) gaz et vapeurs : chlore, brome et hydracides, acide fluorhydrique, SO<sub>2</sub>, vapeurs nitreuses, ammoniac, formol, ozone, autres irritants.

Sur cette fiche, 4 colonnes sont prévues pour classer les postes de travail en fonction des nuisances :

la colonne 0 représente l'absence totale de nuisances,

la colonne 1 est destinée aux nuisances potentielles, sauf incident,

la colonne 2 est destinée aux expositions occasionnelles avec possibilité de faible atteinte lésionnelle,

la colonne 3 est destinée aux expositions permanentes au risque de la nuisance avec possibilité d'atteinte incontestable.

Au recto, nous réservons une place pour la vision de près, la vision de loin, la vision des couleurs et l'audition. A ce propos, il faut signaler que nous avons constaté que les travailleurs qui avaient des anomalies de la vision (astigmatisme par exemple) se fatiguaient rapidement lorsqu'ils devaient fixer leur attention et leur regard sur certains objets. Cette constatation n'est pas sans importance, car les intéressés ne tarderaient pas à incriminer des rayonnements plus ou moins hypothétiques en cas de fatigue visuelle importante.

Egalement, nous avons attaché une importance particulière à la lutte contre le bruit. L'industrie nucléaire en effet, est souvent « bruyante ». Nous avons pu obtenir à Marcoule qu'un cahier de charges « bruit » soit établi. Sur ce point, l'EDF nous a précédés et a, à sa disposition, un laboratoire spécial destiné à l'étude du bruit. Sur la fiche, cette nuisance est notée et nous luttons contre elle à la fois préventivement et curativement.

Dr GERRITSEN (Pays-Bas)

Des exposés précédents, il apparaît que les rayonnements ionisants ne peuvent être séparés des autres nuisances ni du contexte du milieu du travail. Le médecin du travail se doit de considérer le travailleur dans son ensemble. Si une nuisance quelconque ne figure pas sur une liste, le médecin du travail ne doit pas la négliger et doit chercher à adapter toujours le travail à l'homme.

Enfin, je voudrais signaler qu'à partir du 1/7/1967, le risque professionnel sera assuré aux Pays-Bas par un système national couvrant le risque social, quelles que soient les causes ou les modalités de l'incapacité de travail, car les responsabilités sont en effet très difficiles à déterminer.

Dr JAMMET (France)

Les risques chimiques, par exemple, pour ne considérer que ceux-là, sont pris en considération lorsqu'ils sont associés aux risques inhérents aux radiations ionisantes. Le médecin du travail, lorsqu'il prend une décision d'aptitude, tient-il compte du fait que le travailleur est soumis à deux risques simultanés? En matière de prévention, en matière de Normes, estime-t-on qu'il faut tenir compte

de la simultanéité des risques ou au contraire estime-t-on qu'il faut dissocier complètement ces deux risques? Enfin, lorsqu'une affection apparaît, affection qui peut être rattachée, soit à une intoxication, soit à une radiolésion, quels sont les moyens que le médecin du travail peut utiliser pour déterminer quelle est la part du toxique ou quelle est la part des radiations dans la genèse de cette affection?

Dr SALVINI (Italie)

A Pavie, pour toutes les recherches envisagées, nous établissons une sorte de liste de tous les risques prévisibles. Cependant, si l'on dispose vis-à-vis des radiations ionisantes de DMA, de CMA et de MPBB, vis-à-vis des risques conventionnels, on ne dispose pas de telles valeurs ou tout au moins l'on dispose de chiffres très discutés, très discordants et sans signification légale.

Dr RECHT (Euratom)

Ainsi que l'a signalé Monsieur Gerritsen, il est vraisemblable que les législations vont prévoir progressivement une indemnisation globale du risque. Monsieur Salvini vient d'évoquer le problème des CMA. En effet, pour les radiations, nous avons des doses et des concentrations et la situation n'est pas aussi favorable vis-à-vis des autres toxiques pour lesquels il n'existe pas de Normes fixant les CMA dans l'air. Certes, des chiffres sont disponibles mais ils n'ont pas un caractère réglementaire.

Dans les décisions d'aptitude, tenez-vous compte, ainsi que l'a demandé Monsieur Jammet, de l'association des deux risques ?

Dr MAZAURY (France)

Tous les médecins du travail tiennent compte de l'association des nuisances. C'est notamment le cas des associations plomb ou mercure et radiations ionisantes. Et dans l'une comme dans l'autre de ces associations, le bilan rénal sera déterminant en matière de décision d'aptitude, cela d'autant plus que les atteintes rénales ne figurent pas dans le tableau des expositions professionnelles aux radiations ionisantes, alors qu'elles sont inscrites dans le même tableau pour le plomb et le mercure. De même, si l'on est appelé à prendre une décision d'aptitude en matière de travail en scaphandre ou de travail à la chaleur, l'intégrité du système respiratoire et du système cardiovasculaire seront deux facteurs essentiels pour lesquels il y a lieu d'être moins rigoureux en matière de travail nucléaire.

Dr RECHT (Euratom)

Avez-vous été amené, en fonction d'un autre risque, à réduire l'exposition aux radiations ou les doses à recevoir dans le futur ?

Dr MAZAURY (France)

Considérons le cas de travailleurs exposés à une intoxication par le plomb; chaque fois que l'on se trouve en présence d'une anomalie hématologique il ne fait pas de doute qu'il faut écarter le travailleur de toute exposition au plomb et en même temps de toute exposition aux radiations. Et cela nous le faisons.

Dr JAMMET (France)

Comment, *quantitativement*, tient-on compte de l'association des risques dans le cas où l'on en tient compte ? Considérons en effet l'association d'un toxique chimique à effet hématologique et d'un toxique radioactif à effet hématologique. Pour ces deux toxiques, il existe des CMA dans l'air. Faut-il additionner et réduire les CMA de ces deux toxiques ou faut-il considérer que les deux toxiques sont indépendants et ne pas faire l'addition ?

Ce problème de l'additivité se pose d'ailleurs à l'intérieur du domaine des rayonnements ionisants. A cet égard l'ICRP n'a pas résolu de manière claire le problème de la sommation de l'irradiation externe et de la contamination interne.

Dr MANQUENÉ (France)

Pour ma part, je considère qu'il n'y a pas interférence. La décision que je prends est la même, que le travailleur soit exposé à l'un ou à l'autre des risques ou aux deux en même temps.

Dr JAMMET (France)

La philosophie des DMA et des CMA est de considérer qu'un risque est acceptable pour un organe donné si on ne dépasse pas une certaine dose en matière de radiations ou une certaine quantité en matière de toxiques. Lorsqu'un individu est soumis aux deux risques, aux limites d'irradiation ou aux limites de toxicité, le problème se pose — puisque c'est le même organe qui est en cause — de savoir si on ne dépasse pas le risque acceptable. La seule façon de considérer le problème globalement est de tenir compte de l'additivité et d'estimer ou que la marge de sécurité est suffisante pour que les deux risques restent indépendants ou que les CMA sont fixées sans marge de sécurité, auquel cas on ne peut pas ne pas tenir compte de l'additivité.

Cependant, l'ICRP a choisi ces caractères d'acceptabilité de façon telle que les marges de sécurité sont au moins d'un facteur 5 et souvent supérieures à un facteur 10. C'est pourquoi l'ICRP n'est pas préoccupée outre mesure par ce problème de l'additivité lorsque celle-ci intéresse les risques dus à la radioactivité. Par contre, j'aimerais avoir des informations sur les marges de sécurité — s'il y en a — qu'il y a lieu de considérer en matière de toxicité chimique.

Dr MAZAURY (France)

N'est-ce pas une vue de l'esprit que de considérer la possibilité de l'additivité ? Car il est difficile d'additionner des facteurs différents, des effets différents. Les Normes, en matière d'irradiation, ont été établies avec beaucoup de précaution et de sévérité. Par conséquent, il n'y a pas lieu d'en tenir compte pour juger de l'importance des nuisances associées. Personnellement, je n'ai jamais eu à me poser de question sur la réalité de tel ou tel risque car vis-à-vis des radiations, nous avons la possibilité de faire des mesures précises et d'estimer la dose reçue, tandis qu'il n'en va pas de même vis-à-vis des toxiques chimiques. Notamment, chaque fois que j'ai eu à me prononcer sur l'éventualité d'une intoxication saturnine, aucun doute n'a été possible en raison de la positivité des examens ou de la spécificité des lésions hématologiques.

Dr STRAMBI (Italie)

Il ne semble pas que dans la littérature, il y ait des exemples de lésions associant à la fois sur le plan étiologique, les radiations ionisantes et les toxiques chimiques. Par contre, dans notre Centre, nous avons étudié à ce propos l'opportunité d'une réduction du travail nucléaire pour les individus porteurs d'une tare hématologique héréditaire et notamment d'un syndrome thalassémique. La proportion des individus atteints de « thalassémie » mineure non décelable cliniquement ( $2,5 \text{ ‰}$ ) est la même lors des examens d'embauche que pour l'ensemble de la population. Et pour ces individus, l'exposition au benzène ou au plomb entraîne très rapidement une anémie grave dans des conditions de travail considérées comme sûres et ne devant pas provoquer de lésions chez un travailleur présentant une formule sanguine normale.

En ce qui concerne les radiations ionisantes, voici les décisions pratiques que nous avons cru utile d'établir :

- pour le moment, nous n'avons pas cru utile de réduire l'aptitude du travail nucléaire pour les individus porteurs d'un syndrome thalassémique constitutionnel et nous nous sommes bornés à effectuer des contrôles hématologiques plus fréquents (tous les 3 mois ou chaque mois);
- mais il est exclu que ces mêmes sujets puissent être exposés à une irradiation exceptionnelle concertée.

Pr SEELENTAG (Berlin Ouest)

Sur ce problème de l'interdépendance des divers éléments nocifs sur les individus exposés, il est difficile de trouver des informations dans la littérature, de même qu'il est difficile de donner une réponse théorique.

- a) En matière de protection sanitaire les radionucléides doivent être considérés globalement, bien qu'ils atteignent des organes différents. Si 3 nucléides par

exemple se trouvent sous forme de mélange, la CMA pour un radionucléide sera le 1/3 de la CMA pour ce radionucléide seul.

- b) En est-il de même si des radionucléides ou des toxiques chimiques sont associés ? Personnellement, je ne connais pas de cas où un calcul de ce genre ait été effectué. Certes, nous savons que dans le domaine de la pharmacologie conventionnelle, l'association de deux médicaments peut s'avérer synergique, permettant ainsi de réduire les posologies respectives de chacun d'eux. Mais en matière de protection du travail, il n'en est pas ainsi. De même nous savons que pour l'eau de boisson, il existe pour les produits chimiques des CMA à ne pas dépasser; mais aucune norme n'est formulée pour le cas où plusieurs produits chimiques seraient présents dans cette eau de boisson.

A cet égard, cependant, une disposition existe en URSS. Et il est spécifié que si plusieurs toxiques chimiques sont présents dans l'eau de boisson, il y a lieu de sommer les CMA des différentes substances chimiques. Rien n'est prévu sur ce point dans les autres pays.

- c) Mais sur le problème fondamental de l'additivité de la chimiotoxicité et de la radiotoxicité, je serais, comme le Dr Jammet, très heureux de recevoir des éclaircissements.

Dr RECHT (Euratom)

Les radiations ionisantes sont caractérisées par une unité d'action qui est l'ionisation, ce qui permet d'exprimer d'une façon commune les effets de rayonnements différents, comme les rayons X, les gamma ou les neutrons.

Une réponse de principe à la question du Dr Jammet et du Dr Seelentag est difficile. Mais il est possible sur le plan pratique de prendre en considération les effets sans réaliser nécessairement leur additivité.

C'est dans cet esprit qu'il faut, avec les Drs Mazaury et Manquené donner la priorité à la clinique et au bon sens en n'exposant pas par exemple à des irradiations importantes des travailleurs exposés également au benzol ou au plomb.

Dr LETARD (France)

L'essentiel en matière d'additivité est de considérer l'organe exposé au risque, organe qui dans le cas du benzol par exemple est la moelle osseuse. Pour notre part à l'EDF, nous avons eu à considérer le cas d'un agent qui manipulait du toluène tout en étant exposé faiblement au risque des rayonnements ionisants. Et pour cet agent, nous avons demandé qu'une seule exposition à l'un de ces risques fut maintenue.

Par conséquent, à l'EDF, la tendance est actuellement d'éliminer un des risques lorsque deux risques intéressent le même organe ou le même système.

Par ailleurs, en France, la notion de DMA n'est pas admise sur le plan légal pour les différents toxiques. Et dans le cas d'une maladie professionnelle à partir du moment où un travailleur a exercé la profession prévue par le tableau des maladies professionnelles, aucun contrôle rétrospectif n'est effectué quant aux concentrations auxquelles le travailleur a été soumis.

Dr DEMULDER (Belgique)

Il n'y a pas de réponse à donner à Monsieur Jammet car s'il existe des CMA et des DMA disponibles en matière de radioprotection, si certaines valeurs maximales sont également disponibles en matière de protection contre certains composés toxiques rencontrés dans l'industrie, ces valeurs maximales tolérables font la plupart du temps défaut vis-à-vis de composés chimiques qui ont par ailleurs des effets pathologiques souvent méconnus.

Dr RECHT (Euratom)

Par conséquent, si les médecins du travail prennent actuellement en considération les risques inhérents aux différents toxiques, ils ne font pas de « sommation mathématique des doses », parce qu'ils ne le pourraient pas.

Dr GERRITSEN (Pays-Bas)

Le médecin du travail doit également considérer les aspects positifs de la santé des travailleurs. Car les statistiques montrent une diminution des maladies professionnelles, tandis qu'elles soulignent que les autres maladies méritent autant d'attention. Le problème de l'additivité des toxiques est en fait en discussion depuis un bon nombre d'années et l'on a essayé de le résoudre, notamment pour les solvants organiques.

Plusieurs points me semblent importants :

- a) la nécessité qu'il y a à s'assurer de l'intégrité des organes sensibles aux irradiations. Par conséquent, il peut sembler logique et souhaitable de ne pas exposer à des risques chimiotoxiques supplémentaires les organes des travailleurs exposés aux radiations ionisantes.
- b) Le fait que l'intoxication benzénique par son action sur la moelle osseuse est assimilable aux rayonnements ionisants.

- c) Les CMA (exprimées en ppm) sont différentes selon les pays pour le benzène. La valeur américaine (25 ppm) est une valeur plafond qui ne doit pas être dépassée.
- d) Enfin, en matière de benzène, on a plaidé pour une concentration 0 qui est évidemment l'idéal vis-à-vis de ce toxique.

Dr ROSE (République Fédérale Allemande)

Il est certain qu'une solution pourrait être apportée à ce problème d'additivité en considérant qu'un individu qui a mangé des poires ne peut manger qu'une quantité limitée de pommes. C'est dans cet esprit que la tentative normative russe qui a été signalée par le Pr Seelentag semble intéressante et pourrait, sinon résoudre ce problème, du moins nous aider à l'approcher.

Dr JAMMET (France)

En matière de CMA pour les toxiques radioactifs, l'ICRP recommande d'additionner des éléments différents qui atteignent des organes et des cellules différentes et qui produisent des effets différents. Donc déjà en matière de radiotoxicité, on procède à l'additivité même lorsque le point d'impact n'est pas le même, tandis qu'en matière de toxicité chimique on ne procède pas à l'additivité, même lorsque le point d'impact est le même.

Il serait logique, sur le plan biologique mais non sur le plan pratique, que l'additivité ne se fasse que lorsque le point d'impact est le même quel que soit le toxique en cause, qu'il soit chimique, radiologique ou d'autre nature.

Une tendance se fait jour actuellement à l'ICRP où l'attention se porte de plus en plus sur les molécules elles-mêmes et sur les véhicules des atomes radioactifs. C'est-à-dire que l'on s'efforce désormais de considérer sous quelle forme physico-chimique les radioéléments parviennent à l'organisme et quelles transformations ils subissent au contact de la matière vivante. Cette attitude n'est pas sans inconvénient car elle introduit une complexité considérable en matière de CMA, complexité qui serait terriblement accrue s'il fallait y introduire cette notion d'additivité entre la radiotoxicité et la chimiotoxicité.

Cependant, il est bon de retenir sur le plan biologique ce qui est raisonnable, acceptable, utile et applicable et de ne tenir compte de l'additivité que si celle-ci est justifiée.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Nous devons tenir compte des risques associés sur le plan pratique et le médecin du travail ne peut y échapper. En quelque sorte, il faut que la radiotoxicologie rejoigne les règles de la toxicologie classique.

Il est par ailleurs important que nombre de dommages ne soient pas imputés abusivement à la radiotoxicologie et que la plus grande prudence soit de mise en matière de radiopathogénie des phénomènes observés. Il faut dissocier la responsabilité légale des conséquences scientifiques admises, car le juge aura toujours tendance à considérer que certaines affections comme la leucémie, lorsqu'elles surviennent chez des individus préalablement exposés, sont la conséquence des radiations ionisantes, alors que peut-être d'autres toxiques ou d'autres facteurs concomitants sont en cause. Sur ce point, il faut faire un effort clinique et expérimental pour essayer de tirer des conclusions justes et raisonnables.

Inversement, il est possible que les radiations ionisantes jouent un rôle dans d'autres phénomènes pathologiques comme la silicose ou le cancer des mineurs par exemple. Car non seulement les mineurs d'uranium mais même les mineurs de charbon ou de fer peuvent être exposés à des concentrations élevées en radon dans l'air.

Mais quelle est l'attitude des membres de cette assemblée à l'égard des phénomènes pathologiques qui peuvent être imputables aux rayonnements, phénomènes pathologiques, qu'ils constatent, mais qui, nous le savons, ne sont presque jamais spécifiques et peuvent avoir d'autres origines ?

Pr SEELENTAG (Berlin-Ouest)

Les problèmes ne sont peut-être pas aussi compliqués que Monsieur Jammet veut bien le dire. En effet, l'homme doit être considéré comme un tout et il n'est pas sûr que le dommage à un organe ne retentisse pas sur un autre organe. En tenant compte de ce principe, n'est-il pas possible de simplifier et de procéder en quelque sorte à des regroupements d'organes ?

Dr RECHT (Euratom)

En fait, chaque industrie a ses préoccupations dominantes. L'industrie nucléaire n'échappe pas à sa préoccupation dominante qui est la protection contre les rayonnements ionisants risquant ainsi de négliger les autres effets et de ne pas suffisamment procéder à des mesures d'ambiance vis-à-vis des risques conventionnels.

M. HENRY (France)

Une additivité est certes possible entre des effets radiologiques et des effets chimiques. En effet, en matière de radiotoxicité, il est admis qu'on peut avaler ou inhaler en une fois des quantités correspondant à une QMA trimestrielle ou semestrielle. Cette possibilité est loin de pouvoir être appliquée en matière de chimiotoxicité.

Dr KUEPFER (République Fédérale Allemande)

D'après les travaux russes, il semble que les effets ne s'additionnent pas, mais se multiplient et que des expériences sont indispensables pour évaluer les différents facteurs.

Dr BERTINCHAMPS (Euratom)

La difficulté que l'on éprouve à évaluer des choses différentes, par exemple des CMA et des doses, disparaît lorsqu'au lieu d'examiner l'agent causal, on considère le dommage subi. En d'autres termes, ne pourrait-on parler de dommage maximal admissible et non plus de CMA ?

Dr LAFUMA (France)

Nous avons fait de nombreuses recherches sur l'additivité des risques dans les mines, c'est-à-dire sur les toxicités du radon et de la silice lorsqu'ils sont donnés simultanément au même animal. Les quantités de silice qu'il faudrait administrer à l'animal par rapport aux quantités normalement présentes dans les mines pour obtenir des lésions, sont égales à 30 fois ces quantités. Pour le radon, ce facteur est égal à 3 000. Mais si l'on associe le radon et la silice, il apparaît une fibrose d'un type nouveau qui n'est ni une silicose, ni une radiolésion. Il apparaît une nouvelle pathologie et dès lors, le problème apparaît très complexe, car il est très difficile de séparer les dommages.

Dr JAMMET (France)

Les seules difficultés qui se posent dans le domaine des risques causés par radiations ionisantes, concernent les mineurs d'uranium et le personnel hospitalier qui manipulent le radium. Pour tous les autres travailleurs, il est facile d'observer les Normes et de ne pas dépasser les doses fixées.

Or, pour les mineurs d'uranium, il y a non seulement additivité des risques mais synergie. Et par conséquent, la norme du radon devrait être modifiée selon qu'il y a ou non présence de silice associée. Il n'y a pas lieu de généraliser, mais dans l'avenir, des études toxicologiques particulières devront être entreprises sur telle ou telle association (benzol, substances radioactives par exemple). Le problème doit être résolu biologiquement en considérant le point d'impact des lésions; et à cet égard, il y a lieu de se méfier des modèles mathématiques qui peuvent conduire à des erreurs sur le plan médical.

Dr SALVINI (Italie)

Personnellement, j'ai eu la possibilité d'examiner 360 cas d'anémies dues au benzol chez des travailleurs de la chaussure. Pour 8 cas, une leucémie à issue fatale survint. Mais chaque fois, des irradiations médicales exagérées, effectuées

dans un but de diagnostic et de contrôle, avaient précédé l'apparition du syndrome leucémique. Par ailleurs, dans 22 cas un traitement médical à base de chloramphénicol avait précédé l'apparition de l'anémie et de la leucémie.

Dr MILDE (République Fédérale Allemande)

Le problème de l'additivité est certainement compliqué par le fait que certaines substances non toxiques peuvent potentialiser l'effet toxique d'autres substances qu'elles soient chimiques ou radioactives.

Dr MAZAURY (France)

La dissociation est la plupart du temps difficile car dans l'industrie nucléaire, on utilise un certain nombre de toxiques en zone réglementée. Par ailleurs, il est impossible de procéder à une décontamination sans utiliser les solvants organiques. En outre, en matière de nuisances industrielles, pour la première fois, la prévention a précédé les effets pathologiques en ce qui concerne la nuisance radioactive ou en tout cas en ce qui concerne l'utilisation des radioéléments artificiels.

Enfin, dans le domaine de la radioactivité, les possibilités de mesure sont très poussées, tandis que dans le domaine de la toxicologie classique, la précision des mesures est très proche des quantités maximales admissibles dans l'atmosphère.

Dr BERTINCHAMPS (Euratom)

A Ispra, un groupe d'étude du service de biologie a déjà abordé ce problème et a obtenu des résultats intéressants. Le nombre de paramètres qui entrent en jeu est extrême et pour éviter une certaine dispersion des recherches, il serait intéressant que de tels groupes soient informés des problèmes pratiques qui se posent.

Dr STRAMBI (Italie)

Il est un problème fort complexe qui concerne l'exposition éventuelle à des risques d'inhalation de substances cancérigènes et de substances radioactives. Le problème est délicat, car les organismes internationaux n'ont pas encore fixé de valeurs pour ces substances cancérigènes et se sont limités à proscrire ces substances dans le domaine de l'industrie. Malheureusement, une telle disposition est bien souvent impossible à respecter. Ce problème est important et il exige qu'une réglementation soit adoptée.

Dr SALVINI (Italie)

Le Dr Mazaury a quelque peu déplacé le problème, car s'il y a une différence quantitative appréciable entre les valeurs limites qui sont fixées pour les QMA et celles qui sont biologiquement toxiques, et si cette différence est beaucoup plus importante dans le domaine de la radiotoxicité que dans celui de la chimio-toxicité, il n'y a cependant pas lieu d'exagérer cette différence, car dans le domaine de la toxicologie conventionnelle les méthodes de mesure deviennent de plus en plus précises et permettent de détecter des niveaux bien inférieurs aux niveaux auxquels apparaissent les dommages.

Dr JAMMET (France)

La double toxicité chimique et radioactive existe dans le cas de l'uranium et dans d'autres éléments d'ailleurs. Cette double action toxique concerne les mêmes organes et vraisemblablement les mêmes cellules.

D'autre part, pour un certain nombre de molécules marquées, par exemple pour celles qui s'incorporent dans les acides nucléiques, le phénomène de la radioactivité s'accompagne d'un changement d'éléments. Dès lors, sur le plan génétique, sur le plan somatique, il peut s'ensuivre des dommages nouveaux et en quelque sorte inattendus.

Dr SEELENTAG (Berlin - Ouest)

Pour les cas d'intoxication par le tritium que j'ai antérieurement relatés, il n'aurait pas dû normalement se produire d'issue fatale. Cependant, au sein de l'acide nucléique nous savons que le tritium peut être une très grande cause de dommages.

Dr ROSE (République Fédérale Allemande)

Il ne semble pas y avoir d'amorce de solution vis-à-vis de ce problème. Ne pourrait-on approcher cette étude par le biais de quelques approximations? On pourrait peut-être additionner linéairement les effets.

Dr STEHLE (République Fédérale Allemande)

Des doses de l'ordre de 70 rem peuvent ne provoquer aucune lésion apparente des cellules du sang périphérique et diminuer de 10 % environ la capacité fonctionnelle de la moelle. Le dommage peut donc être latent et la notion d'additivité des risques paraît logique, malgré toutes les difficultés d'appréciation que ce problème soulève.

Dr LAFONTAINE (Belgique)

Le problème que j'ai soulevé est difficile, mais il est réel et important. Il ne peut être éludé. Nous ne l'avons abordé que sur le plan professionnel. D'autres aspects de ce problème sont à ne pas négliger non plus, telle l'association médicaments-rayonnements ionisants. Le problème des risques associés doit être approché dans son ensemble en restant sur le plan pratique et en faisant appel aux techniques classiques de la toxicologie expérimentale. Il faut choisir d'abord les problèmes les plus importants et sérier ceux-ci afin de les résoudre de la manière la plus favorable en s'efforçant de rapporter aux radiations ionisantes tous les dommages qu'elles provoquent réellement et en évitant de les attribuer à toute une série de phénomènes pathologiques auxquels elles sont étrangères.

Dr RECHT (Euratom)

Je tiens à remercier le Dr Lafontaine d'avoir si complètement et si clairement introduit un problème difficile et qui a permis une excellente discussion. C'est la première fois que nous examinons ce sujet entre nous et je voudrais tirer quelques conclusions provisoires. Sur le plan pratique de l'organisation des services qui doivent contrôler et maîtriser des risques associés, le point le plus important semble être la création d'une fiche de poste et d'une fiche de nuisances, qui doivent être tenues continuellement à jour. Il est important de reconnaître dans les industries nucléaires et dans les centres atomiques, quels sont les postes, les endroits où il y aurait une association possible de toxiques et de radiations ionisantes.

Notre discussion a également montré que sur le plan scientifique, le problème des risques associés mérite d'être étudié et que, dès à présent, plusieurs sujets présentent de l'intérêt : ce sont les associations silice-radon, substances médullo-toxiques, benzol et rayonnements ionisants, association beryllium-radiations et association polyphényl-radiations.

La définition des programmes d'études est encore à faire, mais les équipes de radiotoxicologie peuvent sans aucun doute s'engager dans de telles recherches, en y associant les disciplines chimiques et toxicologiques conventionnelles. Enfin, il semble que beaucoup de problèmes restent encore à résoudre sur le plan de la surveillance médicale et de l'interprétation des résultats de mesures. Nous aurons, dans l'avenir, l'occasion de revenir sur l'important problème de la sommation des risques, dont nous avons pu mesurer l'ampleur et la complexité.



## LISTE DES PARTICIPANTS

### BELGIQUE

Dr CORDIER  
Société Centre et Sud  
LOVERAL

Dr DEMULDER  
Médecin-chef du Service Médical  
M.B.L.E.  
BRUXELLES

M. DULCINO  
CEN  
MOL

M. FAES  
CEN  
MOL

Dr GENOT  
Ministère de l'Emploi et du Travail  
BRUXELLES

Dr WAMBERSIE  
Université de Louvain  
LOUVAIN

### REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE

Dr. BENKEN  
Regierungsmedizinaldirektor  
Innenministerium Schleswig-Holstein  
KIEL

Dr. BIESE  
Regierungsmedizinaldirektor  
Innenministerium Nordrhein-Westfalen  
DÜSSELDORF

Prof. Dr. HOFFMANN  
Medizinische Universitätsklinik  
FREIBURG (Breisgau)

Dr. KREBS  
Regierungsmedizinaldirektor  
Bundesministerium für Gesundheitswesen  
BAD GODESBERG

Dr. KUEPFER  
Kernforschungsanlage Jülich  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
JÜLICH

Dr. LINDEN  
Diplom-Physiker  
Universitätskrankenhaus Eppendorf  
Radiologische Klinik  
HAMBURG

Dr. MASSMANN  
Oberregierungsmedizinalrat  
Landesinstitut für Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin  
KARLSRUHE

Dr. MILDE  
Oberregierungsmedizinalrat  
Bundesministerium für Arbeit und Sozial-  
ordnung  
BONN-DUISDORF

Dr. MOEHRLE  
Gesellschaft für Kernforschung mbH  
KARLSRUHE

Dr. OSTER  
Degussa  
Verband Deutscher Werksärzte e.V.  
WOLFGANG bei Hanau

Dr. PRINZ  
Bundesministerium für wissenschaftliche  
Forschung  
BAD GODESBERG

Dr. RAHM  
Gewerbemedizinalrat  
Staatlicher Gewerbearzt  
DÜSSELDORF

Frau Dr. RIEBENACK  
Senatsverwaltung für Gesundheitswesen  
BERLIN

Dr. RITZEL  
Kernforschungsanlage Jülich des Landes  
Nordrhein-Westfalen  
JÜLICH

Dr. ROSE  
Kernforschungsanlage Jülich des Landes  
Nordrhein-Westfalen  
JÜLICH

Dr. ROSENBAUM  
Regierungsrat  
Arbeitsministerium Nordrhein-Westfalen  
DÜSSELDORF

Prof. Dr. SEELENTAG  
Bundesgesundheitsamt  
BERLIN

Frau Dr. STEHLE  
Institut für Hämatologie der Gesellschaft  
für Strahlenforschung mbH  
FREIBURG (Breisgau)

#### FRANCE

M. CANET  
Institut de Radium  
PARIS

Dr DELPLA  
Chef du Service Général de Radioprotection  
Electricité de France (EDF)  
PARIS

Dr DOMERGUE  
Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.)  
SAINT-MAUR

Dr DORE  
E.D.F.  
PARIS

Dr EBERLE, H.  
C.E.A.  
CADARACHE

Dr ELY  
C.E.A.  
PIERRELATTE

Dr FRANCOIS  
Médecin-Inspecteur Général  
E.D.F.  
PARIS

Dr HENRY  
Section Médicale et Sociale  
Centre de Marcoule  
C.E.A.  
BAGNOLS-SUR-CEZE

Dr JACOB-DUCASSE, Anne  
E.D.F.  
Centre de Recherches nucléaires  
STRASBOURG-CRONENBOURG

M. JEANMAIRE  
Section du Contrôle Sanitaire  
C.E.A.  
FONTENAY-AUX-ROSES

Dr LAFUMA  
C.E.A.  
FONTENAY-AUX-ROSES

Dr LETARD  
Attaché, chargé de mission au Service  
Général de Médecine du Travail  
E.D.F.  
PARIS

Dr MALBY  
Chef de la Section Médicale et Sociale  
Usine de la Hague  
CHERBOURG

Dr MANQUENE  
Conseiller Médical  
de la Direction Administrative  
C.E.A.  
PARIS

Dr MAZAURY  
Chef de la Section Médicale et Sociale —  
Centre de Production de Plutonium de  
Marcoule  
C.E.A.  
BAGNOLS-SUR-CEZE

Dr MECHALI  
Chef du Service d'Hygiène Atomique  
C.E.A.  
FONTENAY-AUX-ROSES

Dr MEGEMONT  
C.E.A.  
PARIS

Dr NICOLAI  
C.E.A.  
SACLAY

Dr PARIS  
Médecin-Chef  
E.D.F.  
PARIS

Dr PRUNIN  
Bureau Médico-Social  
C.E.A.  
PARIS

Dr VIAL, Renée  
Département Protection Sanitaire  
C.E.A.  
FONTENAY-AUX-ROSES

#### ITALIE

Dott.ssa Elsa BAZZANO  
Servizio Sorveglianza  
Fisica e Médica del C.I.S.E.  
LEGNANO

Dott. BONORA  
Ansaldo Meccanico Nucleare  
GENOVA

Dott. F. BREUER  
Direzione Protezione Sanitaria et Controllo  
C.N.E.N.  
ROMA

Dott. CALGARO  
Consulente della S.O.R.I.N. sui problemi  
attinenti la medicina del lavoro  
MILANO

Prof. DAL FABBRO  
Capo del Servizio del Centro Medicina  
Applicata dell'Alitalia  
ROMA

Prof. FARULLA  
Consulente dell'ENEL per la Protezione  
Sanitaria delle Centrali nucleari  
ROMA

Prof. MAGGIO  
Direttore del Servizio Sanitario dell'ENPI  
ROMA

Dott. POLETTI  
Dalmine S.p.A.  
DALMINE/BERGAMO

Dott. PULCINELLI  
Direttore del Servizio Medico del C.A.M.E.N.  
LIVORNO

Dott. RIGHI  
Servizio Medicina e Sanità della Casaccia  
ROMA

Dott. STRAMBI  
Direttore del Servizio Medicina e Sanità  
della Casaccia  
ROMA

Prof. TESTA  
Servizio Medicina e Sanità della Casaccia  
ROMA

Prof. BELLION  
Università di Torino  
TORINO

Dott.ssa GIACOMELLI  
Istituto Fisica dell'Università di Bologna  
BOLOGNA

Prof. SALVINI  
Direttore dell'Istituto di Medicina Pre-  
ventiva dei Laboratori dell'Università di  
Pavia  
PAVIA

## LUXEMBOURG

Dr HARF  
Médecin de l'Usine Du Pont de Nemours  
LUXEMBOURG

Dr KIOES  
Radiologue  
Laboratoire des Isotopes  
BASCHARAGE

M. KAYSER  
Attaché à la Direction de la Santé Publique  
LUXEMBOURG

Dr NOESEN  
Médecin-Inspecteur au Ministère du Travail  
LUXEMBOURG

Dr PUTZ  
Médecin-chef du service sanitaire de  
l'ARBED  
LUXEMBOURG

## PAYS-BAS

Drs BEENTJES  
Hoofd van de Stralingsbeschermingsdienst  
van de faculteit Wis- en Natuurkunde  
R.K. Universiteit  
NIJMEGEN

Drs CARPAIJ  
Hoofd van de Bedrijfsgeneeskundige Dienst  
van het Reactor Centrum Nederland  
PETTEN

Dr DIJKSTRA  
Stralingsarts van de Rijksuniversiteit  
LEIDEN

Prof. Dr den HERDER  
Hoogleraar in de Radiologie  
Vrije Universiteit  
AMSTERDAM

Dr MIETE  
Arts-radioloog bij de N.V. KEMA  
ARNHEM

Dr van PUTTEN  
Onder-directeur van het Radiobiologisch  
Instituut T.N.O.  
RIJSWIJK

Dr RENKEN  
Hoofd van de Rijksgeneeskundige Dienst  
Lid van de Stralingsbeschermingscommissie  
voor de laboratoria van de Landbouw-  
hogeschool  
WAGENINGEN

Dr VERMEULEN  
Bedrijfsarts van de Gemeentelijke Universi-  
teit te Amsterdam  
AMERSFOORT

Dr de VRIES  
Bedrijfsarts-stralingsarts van het Reactor  
Instituut Delft  
LEIDEN

Dr ZUIDEMA  
Arts bij het Philips Gezondheidscentrum  
EINDHOVEN

**GROUPE D'EXPERTS « NORMES DE BASE » VISÉ A L'ARTICLE 31  
DU TRAITÉ**

**BELGIQUE**

Prof. Suzanne SIMON  
Institut Bordet  
BRUXELLES

Dr S. HALTER  
Directeur Général au Ministère de la Santé  
Publique et de la Famille  
BRUXELLES

Dr A. LAFONTAINE  
Directeur de l'Institut d'Hygiène et d'Epi-  
démologie  
BRUXELLES

**REPUBLIQUE FEDERALE  
D'ALLEMAGNE**

Prof. F. GAUWERKY  
Chefarzt der therapeutischen Abteilung des  
Strahleninstituts — Allgemeines Kranken-  
haus St. Georg  
HAMBURG

Prof. R. JAEGER  
Oberregierungsrat a.D.  
BAD NAUHEIM

**FRANCE**

Dr H. JAMMET  
Chef du Département Protection Sanitaire  
Centre d'Etudes nucléaires  
FONTENAY-AUX-ROSES

**ITALIE**

Dr Mario CHIOZZOTTO  
Istituto Superiore di Sanità  
ROMA

**LUXEMBOURG**

Dr Ch.E. RISCHARD  
Médecin-Inspecteur de la Santé Publique  
LUXEMBOURG

**PAYS-BAS**

Dr W.B. GERRITSEN  
Chef van de Geneeskundige Dienst van de  
Arbeidsinspectie  
's-GRAVENHAGE

## COMMUNAUTE EUROPEENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER

Dr Albert CLAAS  
Direction Générale des Problèmes du Travail  
Assainissement et Reconversion  
Haute Autorité de la C.E.C.A.  
LUXEMBOURG

Dott. Matteo CONVENEVOLE  
Directeur  
Direction Générale des Problèmes du Travail  
Assainissement et Reconversion  
Haute Autorité de la C.E.C.A.  
LUXEMBOURG

Dr Pierre HENTZ  
Direction Générale des Problèmes du Travail  
Assainissement et Reconversion  
Haute Autorité de la C.E.C.A.  
LUXEMBOURG

**COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE  
(EURATOM)**

M. R. MARGULIES, membre de la Commission de la C.E.E.A.

**Direction de la Protection Sanitaire**

Dr P. RECHT, Directeur Général  
M. H. ERISKAT  
Dr A. JOLIVET  
Mme le Dr M. TURNER  
M. D. de KOSTER  
Mlle E. UHRIG

**Direction Générale Recherches et Enseignement**

Dr A. BERTINCHAMPS, Service biologie

**Service Médical de l'EURATOM**

Dr H.-A. SEMILLER, Chef du Service Médical  
Dr P. VAN VLIET

**Centre Commun de Recherches Nucléaires**

Dr W. HOLST, Etablissement d'Ispra  
Dr C. VIGAN, Etablissement d'Ispra  
Dr J. VAANE, Etablissement de Karlsruhe  
(Institut des Transuraniens)







CDNA03740FRC

