Radioprotection, GEDIM, 1986
Vol. 21, n° 1, pages 3 à 22

" Les données actuelles sur la radioactivité naturelle "

Monaco, 5 - 7 novembre 1984

COMPTE RENDU DE LA TABLE RONDE

Plusieurs communications présentées au cours des journées organisées par la SFRP à Monte-Carlo sur " les données actuelles sur la radioactivité naturelle " sont déjà parues dans les différents numéros de 1985 de la revue " Radioprotection ".

La table ronde qui a clôturé ces journées et qui n'a pu paraître dans les actes* est présentée ici *in extenso*. Présidée par M. Gauvenet, inspecteur général de la sûreté à EdF, elle avait pour objet de demander aux présidents de séance de faire la synthèse de leurs conclusions, respectivement à M. Pradel sur les mesures de radioactivité de l'air (ainsi que dans les mines d'uranium), à M. Bovard sur la radioactivité des aliments, des eaux minérales et des végétaux et, dans ce cas, sur les études de l'incidence sur leur croissance, et au Pr Galle sur les études des voies d'atteinte et les conséquences sur l'homme.

De plus, après les exposés de chaque président de séance et l'intervention particulière de Mlle Rémy, représentant le SCPRI, du Pr Planel, professeur de biologie au CHU de Toulouse, de larges échanges ont eu lieu avec les participants.

Introduction par M. A. GAUVENET

Je vous propose d'organiser la table ronde de la façon suivante : nous pourrons parler en priorité des problèmes scientifiques, c'est-à-dire des mesures qui ont été faites sur le rayonnement naturel, des mesures qui restent à faire, des problèmes de dosimétrie et d'interprétation et par conséquent des résultats, des problèmes d'effets des doses. Nous réserverons pour la fin de la table ronde les problèmes liés à la CIPR, c'est-à-dire les problèmes de réglementation et de recommandations.

M. PRADEL

Faire de la dosimétrie individuelle, en particulier dans les mines d'uranium, est un problème difficile. Les paramètres sont essentiellement changeants en fonction des conditions de travail et de l'attitude du person-

---

* Congrès de la Société française de radioprotection sur " Les données actuelles sur la radioactivité naturelle ", Monte-Carlo, 5-7 novembre 1984. Fontenay-aux-Roses : SFRP, 1985.

nel. Ces paramètres peuvent varier, si on parle en concentration, d'un facteur 100, voire 1000, dans une même mine. Il est donc très difficile, à partir de quelques mesures prises dans des lieux précis, de façon tout à fait exceptionnelle, d'évaluer les quantités de radon qui ont pu être inhalées par chaque ouvrier. Je vais donc passer en revue les différentes enquêtes épidémiologiques qui ont été faites.

L'enquête américaine a été faite il y a un certain nombre d'années, mais elle prend en compte des mesures très anciennes et en nombre excessivement faible, par exemple, une mesure pour tout un ensemble de mines pour un seul Etat des Etats-Unis ou une mesure qui couvrait plusieurs années, et à partir de là on en a déduit ce qu'avaient inhalé les mineurs de cette mine. En outre, les mesures ont été faites par des gens qui n'étaient pas expérimentés en matière minière.

Je me suis laissé un peu influencer sur le plan international parce que les Américains nous disaient : " Mais nous avons des mines qui sont différentes des vôtres, ce sont des roches sédimentaires, les concentrations sont très stables, elles ne varient pas d'un jour à l'autre, ce n'est pas du tout comme chez vous ". Comme nous n'avions pas d'expérience, nous nous sommes dits : " Peut-être ont-ils raison ".

Mais nous sommes allés au Niger un peu plus tard et là, nous avons trouvé des mines qui étaient semblables aux leurs et je puis vous dire que l'on constate des variations qui sont du même ordre que dans les nôtres, c'est-à-dire des facteurs 100, entre la mesure que l'on peut faire un jour en un point et la mesure que l'on peut faire le lendemain, si la ventilation par exemple s'est arrêtée. A mon avis, on est en droit d'émettre des doutes assez importants sur la valeur de ces résultats.

Quant aux Tchécoslovaques qui ont fait leurs mesures après les Etats-Unis, il faut savoir que les mines étaient exploitées par des prisonniers politiques ou des prisonniers de droit commun, dirigés par des ingénieurs soviétiques. Evidemment, le résultat a été assez flatteur, puisque les doses étaient, en général, un peu inférieures à ce qu'on avait aux Etats-Unis. Personnellement, je doute un peu qu'on ait eu dans ces mines, à l'époque considérée, un aussi grand souci d'hygiène industrielle.

La troisième enquête est celle des Suédois. Ils ont peu de mines d'uranium et ils ont été très contents de trouver des mines de fer où ils ont découvert un peu de radon, mais de là à conclure, comme ils le font, que leurs mines ont des concentrations constantes depuis cinquante ans, ainsi que nous le disait le Dr Lafuma tout à l'heure, moi j'ai quelques doutes. Ce n'est pas parce que les niveaux sont bas qu'ils sont constants.

Je ne voudrais tout de même pas être trop négatif. On peut retenir que les ordres de grandeur des expositions moyennes des mineurs doivent être à peu près exacts, mais, par contre, au niveau individuel, qui est nécessaire pour tracer des courbes dose-effet, de très sérieures réserves sont justifiées.

Dr LAFUMA

Je voudrais appuyer ce que dit M. Pradel, notamment qu'à partir du moment où l'on a des données dosimétriques, on a tendance à retrouver

la même dosimétrie. L'exemple le plus extraordinaire est celui de certaines mines canadiennes dans lesquelles aucune mesure n'a jamais été faite et où on a retrouvé exactement les relations dose-effet trouvées aux Etats-Unis, parce que la dosimétrie a été reconstituée à partir des taux de cancer, et c'est un parfait exemple de résultat cohérent. Je suis donc tout à fait d'accord avec ce qu'a dit M. Pradel.

Mme VIGNES

J'avais entendu dire qu'il existait entre les mines tchécoslovaques et américaines des différences à propos du débit de dose du radon, différences d'un facteur 10 environ. Bien qu'il s'agisse d'émetteurs alpha, le débit de dose peut-il intervenir sur l'effet biologique ?

M. PRADEL

Il peut y avoir des différences, mais dans une mine bien ventilée, bien conçue, on arrive toujours maintenant à abaisser les concentrations à des niveaux inférieurs à ceux qui sont actuellement recommandés par la CIPR. C'est donc une question de conception de la mine. Quant au passé, je crois qu'il est très difficile de connaître les niveaux réels ; il en résulte des incertitudes sur la dosimétrie parce que les niveaux sont très variables d'un moment à l'autre et d'un lieu à l'autre. Si vous arrêtez une ventilation dans une mine, au bout d'une heure vous pouvez avoir des niveaux dix à cent fois plus élevés que ceux existant avant l'arrêt.

M. PERICART

Sur le plan de la morbidité, en dehors des questions de cancer, est-ce que le fait de ventiler les mines ne peut pas être à l'origine de pleurésies et autres affections pulmonaires ?

Dr LAFUMA

Vous avez tout à fait raison. On voit apparaître dans les mines d'uranium une pathologie qui est liée au froid et à l'humidité. De plus, dans les mines, il y a un problème avec la norme de la vitesse de l'air. Un règlement en France interdit de dépasser une certaine valeur pour la vitesse de l'air dans les galeries. Dans les mines d'uranium, on est à la limite de cette valeur. On ne peut donc accroître le débit de l'air à cause de la vitesse limite et à cause de la pathologie de type articulaire qui est liée à la basse température qu'entretient le courant d'air.

Je voudrais revenir sur les débits de doses dans les mines tchécoslovaques. Quand nous sommes allés avec M. Pradel en 1968 en Tchécoslovaquie, on nous a présenté énormément de données qui n'ont jamais été publiées. Une chose m'a frappé : pour une même dose, le taux de cancers pulmonaires variait suivant les puits. Il est donc difficile de corréler strictement la dose de radon et l'incidence des cancers.

M. COULON

Je voudrais juste rappeler que la ventilation des galeries de mines agit sur le taux de radon, mais aussi sur la concentration en d'autres éléments toxiques produits dans ces mines. Il y a donc un double effet bénéfique à la fois au point de vue radiologique et au point de vue non radiologique. Il y a aussi des poussières.

M. BOVARD

Le premier point que je voudrais souligner concerne la complexité du milieu, l'interdépendance des différents facteurs et la difficulté d'individualiser le rôle de chaque paramètre. En matière de transfert, les problèmes rencontrés à propos de la radioactivité naturelle sont analogues à ceux posés par la radioactivité artificielle. La séance que je présidais se décomposait en deux parties assez distinctes : l'observation et la mesure de la radioactivité ambiante, l'influence du rayonnement naturel sur la biosphère.

En ce qui concerne les teneurs de la radioactivité naturelle, les orateurs ont exprimé leur grande prudence, vu la difficulté d'interpréter les résultats pour en tirer des lois sur les transferts le long des chaînes alimentaires. Que ce soit pour les points zéro, pour la surveillance du territoire, les données sont difficilement exploitables parce qu'elles ont été obtenues avec une optique particulière : celle de la surveillance, qui cherche simplement à vérifier qu'une limite n'a pas été dépassée. Il faut souligner, ensuite, que le milieu est quelque chose qui évolue et que, par conséquent, la mesure ne reflète qu'une situation à un instant donné, qui peut évoluer avec le temps sous l'influence de divers facteurs, dont certains peuvent être inconnus au moment de l'opération.

Une autre difficulté d'interprétation réside dans le fait que c'est la disponibilité des radioéléments qui compte et non pas leur seule présence. Le potassium, par exemple, élément prédominant de la radioactivité naturelle, étant régulé par l'individu, ne pose pas de problème sanitaire.

La répartition du radioélément à l'intérieur de l'échantillon a aussi son importance.

Le domaine étudié au cours de cette première partie est relativement vaste et loin d'être complètement exploré. Du point de vue du management des recherches, il faut savoir discerner l'importance relative de chacun des facteurs et porter son intérêt sur les points qui auront le plus d'influence sur l'irradiation finale de l'individu. Je crois que là les modèles ont leur mot à dire et qu'ils sont indispensables.

La seconde partie de la réunion fut tout à fait différente puisqu'il s'agissait de l'influence de la radioactivité naturelle sur la biosphère et plus particulièrement sur les paramécies d'une part, et sur certains végétaux d'autre part. Dans le premier cas il s'agissait de déterminer l'action d'une faible dose analogue à celle de la radioactivité naturelle sur une espèce particulière, la paramécie. Les auteurs ont décelé, dans cette étude très intéressante, une action directe d'une part et une action indirecte d'autre part. L'action indirecte, qui est une action de stimulation de la croissance,

a déjà été constatée depuis longtemps (expériences de Bowens en Angleterre dans les années 60).

En ce qui concerne l'action directe, on a pu voir un seuil suivi d'une progression linéaire assez spectaculaire. Mais ici se pose l'éternelle question d'une situation que l'on retrouve souvent : en dessous de ce seuil on n'est pas en mesure, dans l'état actuel des connaissances, de mettre en évidence une modification significative. D'autre part, sur le plan écologique, un effet comme la stimulation de croissance, par exemple, entraîne des modifications en cascades et il peut arriver que, dans un écosystème, la réponse finale soit différente de celle obtenue au laboratoire sur une espèce isolée. Pour pouvoir déterminer les mécanismes, les expérimentateurs essayent de les scinder et d'isoler les paramètres. Cette préoccupation se retrouve dans l'exposé de M. Delpoux qui se trouve confronté à une difficulté d'interprétation, d'une part isoler un paramètre n'est pas chose facile et, d'autre part, cet isolement peut provoquer des perturbations.

En ce qui concerne les effets génétiques mis en évidence par M. Delpoux, je crois que la prudence s'impose. Car, s'il y a bien un effet génétique, que l'on pourra vérifier d'ailleurs avec le temps, celui-ci provient-il bien de la radioactivité ? Et comme le dit d'ailleurs M. Delpoux, est-ce la radioactivité ? est-ce l'uranium en tant que tel ? est-ce un autre corps ? qui est responsable de cet effet ?

M. PLANEL

Ma première réflexion concerne le phénomène de stimulation. Lorsque j'ai commencé mes recherches, les gens disaient souvent : " Mais oui, on sait que les radiations ionisantes naturelles peuvent stimuler la croissance ! " Mais ces travaux sont basés sur des doses, en général, beaucoup plus élevées que celles correspondant à la radioactivité naturelle. Lorsque je leur demandais si cette opinion concernant l'effet de stimulation s'appliquait aux cellules, ils me répondaient que des faibles doses stimulent la prolifération cellulaire, mais ne me donnaient pas de référence précise sur des travaux relatifs à ce sujet. Je crois donc qu'il faut être prudent. Il y a, en fait, très peu de travaux sur les effets de stimulation liés aux très faibles doses, citons ceux d'Eugster et Hess, de Barnothy et Forro et d'autres. A l'échelle cellulaire, en fait, il y a très peu de travaux concernant l'effet de stimulation des faibles doses.

Lorsque je parle d'effet direct, ceci n'est encore qu'une hypothèse, basée sur le fait que lorsque nous étudions le potentiel de division — et non pas la cinétique de prolifération — nous observons une réponse de même nature que celle observée après de fortes doses. Des fortes doses de l'ordre de plusieurs dizaines, plusieurs centaines de rads diminuent le potentiel de division. Nous avons obtenu le même phénomène avec des doses beaucoup plus faibles, proches de celles de l'irradiation naturelle. Puisque la réponse est de même nature, je peux penser que, dans les deux cas, l'irradiation a agi de la même façon, probablement par action sur l'ADN. Par contre, lorsque je considère l'autre critère, c'est-à-dire la prolifération cellulaire, alors je constate que les faibles doses ont un effet inverse de celui des fortes doses. Chacun sait que les fortes doses entraînent des retards mitotiques ou des blocages mitotiques ; or, nous observons exac-

tement le phénomène inverse. Ceci amène à penser que le mécanisme d'action doit être différent. C'est dans ce cas seulement que j'émets l'hypothèse d'un mécanisme indirect et c'est à partir de cette hypothèse que nous travaillons sur le rôle des peroxydes, sur le rôle de O_2 et des systèmes enzymatiques impliqués dans la dégradation de ces composés.

Je voulais également remarquer qu'il est très important dans ces études sur les faibles doses de bien choisir le paramètre d'étude. Si, effectivement, on veut appliquer aux faibles doses les mêmes paramètres d'étude que pour les fortes doses, c'est-à-dire la létalité cellulaire, les capacités de survie, il est bien évident qu'avec les faibles doses on n'aura aucun effet. Par contre, si l'on dispose de moyens qui permettent d'étudier non pas la létalité mais d'autres paramètres comme la cinétique de prolifération, alors on peut observer un effet biologique. Lorsqu'on étudie les effets des très faibles doses, il faut donc bien choisir le paramètre d'étude.

M. DELPOUX

Je voudrais insister simplement sur les deux parties des travaux que j'ai évoqués et dont j'ai présenté les résultats. L'une a été obtenue avec le tabac qui est un matériel importé et où le paramètre de radioactivité était isolé de l'ensemble du contexte ; l'autre correspond à ce chardon qui a montré une mutation, et l'on est à nouveau, effectivement, dans les conditions d'environnement global. Il serait imprudent, j'insiste beaucoup là-dessus, de vouloir mêler les deux affaires ; il faut continuer l'étude avec les chardons et développer les protocoles expérimentaux comparables à ceux du tabac, pour dire que c'est la radioactivité. Il n'en reste pas moins que, par rapport aux problèmes généraux de biologie, l'apparition de cette variété (on ne peut pas parler d'espèce puisqu'il y a croisement entre les jaunes et les verts) a été observée et démontrée. Ceci est un problème important ; quelle que soit la cause, il est extrêmement important d'avoir pu assister à l'apparition d'une nouveauté dans un milieu donné, quel qu'il soit, que ce soit par rapport à la radioactivité ou à l'environnement chimique et de décrire ce phénomène.

M. LEMAIRE

MM. Bovard et Planel ont parlé tout à l'heure d'" action directe et indirecte ". Je pense qu'à ces très faibles débits de dose absorbée, du moins dans les " systèmes qui réparent ", tout ce qui est réparable l'est, compte tenu du temps qui intervient entre les phénomènes de destruction (dont la localisation et l'ampleur sont aléatoires) et les phénomènes de réparation mis en branle par le milieu cellulaire ou tissulaire. M. Bewley, je crois, a dit que, vue sous cet aspect, l'irradiation gamma à très faible débit de dose pouvait, en quelque sorte, être comparée à l'irradiation neutronique du " pauvre " puisque ses effets étaient essentiellement dus à des lésions létales d'entrée de jeu.

M. PLANEL

Effectivement nous savons bien que pour ces très faibles débits de doses la probabilité est très faible qu'il y ait une action directe. Lorsque

nous parlons d'effets indirects, nous parlons d'effets non pas sur la cellule elle-même, mais sur le milieu extra-cellulaire. On peut calculer la quantité de radicaux produite, de peroxyde d'hydrogène et si nous faisons des expériences de contrôle en introduisant de l'ordre de 10^{-6} molécules d'H_2O_2 dans le milieu de culture, nous retrouvons la même réponse et nous observons, à nouveau, un phénomène de stimulation, c'est-à-dire une augmentation de la vitesse de prolifération, mais également sur le plan enzymatique ; ces résultats ne sont pas encore publiés, ce sont des recherches en cours. Nous observons également des pics d'activité concernant la glucose 6-3 déshydrogénase, la glutathion réductase, pics tout à fait comparables à ceux que nous obtenons avec des débits de l'ordre de 2 - 3 ou 4 rad, et ceci nous fait penser que l'hypothèse d'un mécanisme indirect nous paraît plausible.

Dr LAFUMA

Une question fréquemment posée est celle de l'incidence du débit de dose pour les photons et pour les particules comme les neutrons et les alpha. A faible dose, le problème est le même, comparable à celui de l'hétérogénéité de l'atteinte. Une cellule est ou n'est pas atteinte car la probabilité qu'elle soit atteinte deux fois est très faible. A doses plus élevées avec les photons, chaque cellule est atteinte et le débit intervient et augmente de façon continue.

Avec les particules, il n'en va pas de même. Au niveau de la cellule, le débit correspondant au temps pendant lequel la particule transfère son énergie est constant. Ce qui varie c'est le nombre d'impacts par cellule. Je crois que cela est un vrai problème et la remarque de M. Lemaire est très importante. A ces faibles débits de dose, on ne raisonne pas de façon continue ; on raisonne en probabilité d'impacts par cellule.

Un participant

On admet aujourd'hui qu'une double cassure de l'ADN puisse procurer une action biologique et que l'ADN est entouré par une colonne d'eau d'à peu près 3 μm de diamètre. Comment peut-on expliquer l'action des rayons α sur les deux brins de l'ADN si la pénétration de ces α est réduite par cette eau ?

M. LEMAIRE

Pour essayer de répondre à cette question, je dirais que les ultraviolets ont une action sélective sur l'ADN (absorption résonnante). Ils sont capables d'engendrer des doubles fractures des brins de la double hélice, comme l'ont montré un grand nombre d'expérimentations réalisées sur E. Coli. En ce qui concerne le rayonnement α, compte tenu de leur énergie et de leur TEL, il est évident que leur parcours dans l'eau n'est que de quelques dizaines de micromètres (environ 50 μm pour l'alpha du polonium). Ils peuvent donc altérer l'ADN — bien que ce dernier soit entouré de structures protéïques et aqueuses — soit directement, soit par le biais de rayons delta qu'ils mettent en branle. Il n'est pas, non plus, impensable d'envisager la possibilité d'un transfert d'énergie en des points particuliers de certaines structures moléculaires.

Un délégué suisse

La radioactivité naturelle permet de mesurer le niveau de potassium 40 et il y a toute une série d'applications médicales courantes.

- La mesure de la masse musculaire, puisque le potassium est essentiellement intra-musculaire, a des applications en médecine sportive. En Allemagne de l'Est, les nageuses qui avaient pris des hormones avaient été suivies par cette technique et l'on avait pu montrer qu'effectivement elles avaient fabriqué du muscle et des cellules musculaires.
- Dans les affections comme les dystrophies musculaires progressives, c'est la seule façon de " concrétiser " l'évolution de la maladie et éventuellement l'effet d'un traitement.
- La mesure du potassium intracellulaire convient pour les cirrhoses ou les diabètes décompensés, alors que les méthodes de dosage dans le même liquide extracellulaire ne donnent qu'un très mauvais miroir du déficit réel.
- L'évolution de la masse maigre d'un individu, c'est-à-dire son poids diminué des tissus adipeux, présente une composition plus ou moins constante, dont 68 milliéquivalents de potassium par kilogramme de masse maigre. En déterminant le potassium 40, on arrive donc par une simple règle de trois à savoir quelle est la masse maigre de cet individu. Cette notion est importante, puisque bien des médicaments se répartissent uniquement dans cette masse maigre et n'entrent pas dans les tissus adipeux ; d'autre part, cela permet de calculer les tissus adipeux, ce qui est important dans les cures d'amaigrissement.

M. PAULIN

J'approuve totalement cette dernière intervention, en faisant toutefois une remarque. En France, nous ne disposons, à proximité ou dans les hôpitaux, que d'un petit nombre d'anthropogammamètres. A ma connaissance, il en existe à Lyon, à Reims et à Paris. Nous n'en avons pas dans le sud de la France. Cette situation est évidemment très regrettable car j'ai été amené à effectuer ce type d'étude sans pouvoir avoir recours à un anthropogammamètre, ce qui conduit à des résultats moins précis. Il s'agit d'un problème important qui ne se pose pas seulement dans nos régions. Il faudrait pouvoir effectuer ce type d'étude dans des pays où il serait souhaitable de mieux connaître la masse musculaire des populations, c'est-à-dire dans les pays du tiers monde.

M. GAUVENET

Je proposerais volontiers que les anthropogammamètres qui existent dans les centres nucléaires puissent être utilisés de cette façon dans la mesure où ils sont disponibles, ce qui ne me paraît pas impossible.

Je voudrais revenir au premier point soulevé par M. Bovard, c'est-à-dire au problème des différents facteurs, des difficultés de les individualiser, des données mêmes de la surveillance et de la représentativité des prélèvements.

M. DATOUBLINE

En ce qui concerne la représentativité des échantillons autour des quatre sites nucléaires suisses, nous avons fait des mesures comparatives de spectro gamma, *in situ* et en laboratoire. Ces mesures ont été effectuées parallèlement à des mesures de débit de dose avec des chambres d'ionisation et des mesures de concentration de radon à 1 m du sol. Toutes ces mesures feront l'objet d'une publication prochaine.

On peut d'ores et déjà tirer certaines conclusions : si l'on compare les mesures en laboratoire et les mesures *in situ*, il faut faire attention. Les échantillons de terre sont prélevés sur une profondeur de 5 cm en général. On remarque pour les mesures *in situ* une surestimation en laboratoire de l'ordre de 10 % pour le potassium 40, de l'ordre de 10 à 20 % pour le césium 137. On a des modèles de représentation homogène pour le potassium 40, pour les isotopes naturels ; par contre, pour le césium 137 qui provient des retombées radioactives, donc d'anciens tests nucléaires, on prend une répartition exponentielle avec un temps de relaxation. Il est clair que le potassium 40 et le césium 137 ne sont pas représentés de façon homogène suivant les différentes couches de sol, d'où ces différences.

Par contre, pour le thorium 232 et ses produits de filiation, l'accord est parfait entre les mesures en laboratoire et les mesures *in situ*. Pour les séries de l'uranium 238, si l'on travaille sur les fils, c'est-à-dire sur le plomb et le bismuth 214, on surestime, en général, dans la mesure *in situ* la concentration de ces fils. Ceci tient à la présence du radon et c'est pour cela que l'on a effectué des mesures de radon dans l'atmosphère au niveau du sol. L'ordre de grandeur de ces surestimations *in situ* est très variable évidemment, selon les conditions météorologiques. En gros, sur les sites suisses, on a observé de 20 à 30 % de surestimation de la concentration. Il est clair que s'il pleut, les fils se déposent sur le sol, on n'a plus une répartition homogène, mais une répartition de l'activité en surface. Si l'on calcule à partir de ces modèles, on arrive à expliquer le débit de dose mesuré avec la chambre d'ionisation qui donne une évaluation d'un tiers. La fiabilité de ces mesures a été testée par des mesures de débits de dose parallèles pour arriver, à partir des activités mesurées dans le sol, à recalculer le débit de dose qu'elles engendrent. Il faut également tenir compte du rayonnement cosmique ; or, la composante cosmique avec la chambre d'ionisation a été déterminée en fonction de l'altitude par des vols en ballons. On a alors une courbe en U : lorsqu'on arrive autour de 1 000 m, on a, en général, le minimum et après, du fait de la composante terrestre, le débit de dose augmente de nouveau dans l'autre partie de la courbe.

M. COULON

Je voudrais faire part d'une observation qui concerne la radioactivité naturelle.

Le fait que l'uranium soit présent dans la croûte terrestre et dans la quasi-totalité des productions agricoles n'a jamais incité à faire beaucoup d'efforts dans l'étude de son transfert dans l'environnement. En effet, lorsque l'on se préoccupe d'installations du cycle du combustible rejetant de l'uranium, on a la possibilité de raisonner par comparaison avec l'uranium naturellement présent : comme les activités ajoutées sont toujours

très inférieures aux activités naturelles, cette comparaison est suffisante. Mais dans certains cas, notamment lorsqu'il s'agit d'établir les demandes d'autorisation de rejets pour ces installations, on constate qu'il y a des lacunes dans ce domaine, que des choses simples comme les facteurs de transfert sol-plantes ou la migration dans le sol sont mal connus et on a quelques difficultés à procéder à l'évaluation des conséquences des rejets. C'est un cas particulier où l'existence de la radioactivité naturelle a nui au développement des connaissances.

M. GALLE

Au terme de cette matinée, il est apparu que certains points méritent d'être approfondis. La question bien classique des faibles doses et des seuils se pose lorsqu'on se situe au niveau de l'irradiation naturelle. Peut-on attribuer, par exemple, à l'irradiation naturelle certains cancers, leucémies ou mutations et dans quelle proportion ?

Parmi les points qui méritent encore d'être approfondis, reste par exemple celui de l'appréciation des doses et de l'intérêt de la microdosimétrie. Exprimer une dose en rem dans un organe est parfois suffisant lorsqu'on s'adresse à un radioélément tel le potassium 40 émetteur gamma et dont la distribution microscopique dans l'organe peut être considérée comme assez homogène. Ce n'est plus le cas lorsqu'un radioélément émetteur alpha se concentre sélectivement dans certains organites microscopiques d'une cellule donnée. Dans ces conditions, l'irradiation est très hétérogène, certaines cellules, certains noyaux cellulaires peuvent être fortement irradiés à la suite de contaminations même faibles alors que d'autres ne le sont pas. Les effets radiobiologiques seront donc très dépendants de la localisation microscopique de ces organites de concentration et de la proximité de certaines cellules radiosensibles. Ce problème se pose tout particulièrement pour certains radionucléides naturels comme le thorium ou l'uranium dont une des propriétés métaboliques est de se fixer très sélectivement dans certains organites de certaines cellules cibles et de rester en place pendant des temps très longs. Pour ces éléments, si la dose exprimée en rem dans l'ensemble de l'organe peut paraître faible, la dose réelle absorbée dans les cellules cibles et les cellules voisines est sans doute beaucoup plus élevée. Il semble donc que, dans l'avenir, un intérêt particulier devrait être porté à l'étude du métabolisme intracellulaire de ces différents nucléides.

M. LAFUMA

Il y a deux problèmes. Le premier c'est le problème du seuil. Existe-t-il des seuils pour les cancers et pour les effets génétiques ? L'idée d'absence de seuil est venue au cours de réunions de l'UNSCEAR, le Comité scientifique des Nations unies, dans les années 1950. A cette époque, la théorie de l'induction cancéreuse était liée à la présence d'une simple mutation dans une seule cellule, permettant le départ d'un cancer. Dans ces conditions, si une seule cellule mutée peut être responsable du développement d'un cancer, il est évident qu'il n'y a pas de seuil. D'autre part, à cette époque, en toxicologie chimique, on n'avait pas d'idée précise ni de données précises sur la présence ou l'absence d'un seuil. Aujourd'hui,

on sait que la théorie de la mutation d'une simple cellule suffisante pour induire un cancer est à peu près rejetée par tout le monde ; le processus est complexe et met en jeu de nombreuses populations cellulaires ; on ne voit donc pas très bien comment une seule paire d'ions produite dans une cellule pourrait arriver à induire un cancer. De plus, il existe, aujourd'hui, de meilleures données en cancérologie professionnelle. Pour le benzène, il semble bien qu'il y ait un seuil et les données humaines appuient cette hypothèse. Pour les ostéosarcomes induits par le radium 226, pour les doses les plus élevées, 50 % des individus présentent ce cancer. Dans la tranche de dose dix fois plus faible, il n'y en a que 1 %. Et enfin, pour les doses inférieures, malgré les centaines de décès, on n'a observé aucun ostéosarcome. Ce type de courbe est très évocateur de l'existence d'un seuil. Je crois qu'il faut revenir à ce qu'a dit tout à l'heure M. Pradel. : " Quand une idée ou un nombre a été lancé à partir de données aussi peu nombreuses que douteuses, il devient très difficile de faire marche arrière ". Malgré une masse énorme de données de qualité, les idées ou les valeurs restent les mêmes. Le problème du seuil est de ce type. On a tendance à considérer *a priori* que puisqu'on avait fait, il y a 30 ans, l'hypothèse qu'il n'y avait pas de seuil, c'est donc qu'il n'y a pas de seuil pour les effets cancéreux.

En génétique, une remarquable démonstration de l'existence d'un seuil a été présentée hier, où l'on voit très bien que sur les plantes il y a trois valeurs pour lesquelles on n'observe rien et qu'au-delà, en fonction de la dose d'irradiation — et la gamme de dose explorée est importante — on a une relation linéaire. Cela est donc un excellent exemple d'un seuil en génétique. D'autre part, en génétique même, de nombreux progrès ont été faits, notamment sur le fait de savoir si une modification chromosomique aléatoire a une même probabilité de pouvoir être transmise héréditairement et, à ce que l'on voit, ce n'est absolument pas sûr. Seules, certaines atteintes en des points bien précis peuvent donner lieu à une modification transmissible. Sur le problème des seuils, ma tendance aujourd'hui serait d'être beaucoup moins affirmatif quant à la réalité de l'idée d'absence de seuil mais on ne peut pas démontrer d'une façon absolue, en dehors de deux ou trois expériences, qu'il y a un seuil.

Le deuxième point, c'est celui de la microdosimétrie pour le problème des émetteurs alpha. Etant donné le parcours des alpha qui est de l'ordre d'une trentaine ou d'une quarantaine de micromètres, le point de départ de la particule n'est peut-être pas l'endroit le plus important. L'énergie se transmet suivant une courbe de Bragg, et c'est surtout à la fin d'une trajectoire qu'on a la forte perte d'énergie. C'est pour cela que les études métaboliques au niveau de la cellule n'ont pas été très développées. Le transfert d'énergie se fait sur trois, quatre ou cinq cellules les unes à côté des autres et c'est souvent la dernière irradiée qui reçoit la dose la plus forte. Ceci complique beaucoup le problème de la microdosimétrie pour les émetteurs alpha.

Mlle REMY

Je voudrais souligner que l'impact de la radioactivité naturelle sur l'hygiène publique n'a, jusqu'à présent, pas fait l'objet d'études propor-

tionnées à son importance qui est beaucoup plus grande que celle de la radioactivité artificielle.

Or, c'est sur cette dernière que, pour des raisons de nature essentiellement psychologique, l'on a presque exclusivement porté tous les efforts au cours des vingt-cinq dernières années. Nous nous trouvons donc maintenant devant la situation paradoxale suivante : on traque impitoyablement la moindre dose artificielle avec des moyens considérables et coûteux alors que, dans le même temps, l'on est bien obligé de tolérer telles quelles des doses naturelles cent, voire mille fois supérieures. B. Lindell, Président de la CIPR, a bien mis en lumière ce paradoxe au congrès de l'AIEA en septembre 1982.

Comme l'a exprimé très clairement le Dr Jammet, une grande circonspection est à recommander dans ce domaine, car si l'on cherchait à appliquer à la radioactivité naturelle les règles retenues pour la radioactivité artificielle, on se heurterait à d'invraisemblables difficultés dans la pratique.

Il faut, en tout cas, se garder de tirer des conclusions hâtives et faire preuve de la plus grande prudence, avant d'envisager des mesures qui poseraient des problèmes insurmontables, ou de fixer des normes qui resteraient inapplicables. On doit avoir présent à l'esprit que l'humanité vit depuis toujours avec cette radioactivité naturelle, très variable d'un endroit à l'autre du globe, mais toujours très importante, sans pour autant que des effets nocifs aient pu, jusqu'alors, être mis en évidence.

Mais cela doit aussi nous conduire à une nouvelle réflexion sur la relativité de la signification de la radioactivité et de l'exposition artificielles en matière de santé.

M. GAUVENET

Qu'il s'agisse de dosimétrie, d'études géographiques sur le rayonnement naturel, ou encore de théorie pour savoir s'il y a des seuils ou pas, M. Lafuma a très bien dit à quel point nous en sommes en ce moment. Mais comment voyez-vous le futur ? Que faut-il faire ? Qu'est-ce qui est en route dès maintenant et qui sera significatif ? Que faudrait-il faire et que l'on ne fait pas encore, à supposer que cette question ait un sens ? Il me semble que si l'on compare ce qui a été dit ces jours ci, dit et fait depuis quelques années, il y a tout de même une évolution très sensible depuis une dizaine d'années.

M. LAFUMA

Sur le plan de l'évolution des techniques de mesures, je ne suis pas du tout spécialiste et je n'ai donc pas d'opinion. Par contre, sur la meilleure compréhension du problème de relation entre les doses et les effets, je pense que l'épidémiologie ne nous apprendra pas grand chose de plus. Cela fait une vingtaine d'années que j'entends à peu près dire les mêmes choses sur les mêmes enquêtes, et sur les mêmes populations. On a de moins en moins de travailleurs exposés à des doses élevées, on aura donc de moins en moins de données nouvelles. A un facteur deux ou trois près, on connaît, aux fortes doses, la relation dose-effet. Aux faibles doses, à

mon avis, l'épidémiologie ne donnera pas les solutions du problème pour un certain nombre de raisons techniques.

Quant à l'expérimentation animale, on arrive aussi à ses limites, parce que l'on ne peut pas dépasser des lots expérimentaux de plus d'un millier d'animaux. Mille animaux plus mille témoins, cela fait des expériences très lourdes, très chères ; donc, là aussi, on arrive aux limites. Les sensibilités expérimentales, avec le radon, sont de l'ordre d'une dizaine de working-level-month, en neutrons de l'ordre du rad, et, en gamma, ce doit être de l'ordre d'une vingtaine de rad et on ne descendra jamais en dessous de ces valeurs.

Le seul espoir, ce sont des progrès dans la conception fondamentale des mécanismes qui interviennent dans l'induction cancéreuse, ou dans la génétique. Je crois que l'effort à faire est de suivre de très près cette recherche fondamentale, tout en essayant de la corréler avec une éventuelle action bien quantifiée des doses de rayonnements et des différents types de rayonnements. Pour moi, c'est la seule solution pour faire des progrès dans l'estimation des risques aux faibles doses. Ce n'est pas d'ailleurs une idée originale ; il y a une dizaine d'années qu'elle est dans l'air et je crois qu'elle se vérifie de plus en plus.

Un participant

Je pense aussi que l'on ne fera des progrès que dans la mesure où l'on acceptera de comparer l'action cancérigène et l'action génétique de la radioactivité avec celle des produits chimiques. C'est une chose importante, car on va observer d'autres relations dose-effet et un certain nombre de cas d'antagonismes ou de synergies. Il est en effet toujours plus agréable de faire varier deux paramètres, d'avoir la maîtrise de deux paramètres en face d'un problème aussi complexe.

M. PRADEL

En ce qui concerne les méthodes de mesure, en particulier celles permettant de faire des évaluations précises pour les enquêtes épidémiologiques, le dosimètre individuel doit permettre d'avoir des précisions bien supérieures. Mais je suis un peu inquiet quand, à juste titre, le Dr Lafuma dit que c'est la connaissance des mécanismes fondamentaux qui va permettre de faire des progrès, car il faut bien voir que la connaissance de ces mécanismes fondamentaux entraîne souvent une modification des paramètres à mesurer.

On avait commencé par dire qu'il fallait prendre en compte le radon-gaz. On s'est lancé dans la réalisation d'appareillages de mesure du radon-gaz pour arriver à des solutions tout à fait opérationnelles. On s'est alors battu avec les Américains qui ont dit : " Ce n'est pas le radon-gaz qui est intéressant, il faut mesurer les descendants du radon ". Cela a duré dix, quinze ans. Finalement, nous avons cédé et nous avons mesuré les descendants du radon. Puis, on a dit " Il y a les petits ions positifs qui sont probablement à l'origine de l'irradiation qui a un effet cancérigène ". Alors on s'est reposé la question : " Faut-il mesurer les descendants du radon, ou faut-il mesurer le radon ? Qu'est-ce qui est le plus significatif ? " ou encore

" ne faut-il pas mesurer les petits ions ? " Après une grande discussion on a conclu que les petits ions n'étaient pas intéressants. On a conservé la mesure des descendants du radon et nous avons mis au point notre dosimètre individuel. Maintenant, une nouvelle génération de scientifiques aux Etats-Unis disent : " Pourquoi a-t-on choisi la mesure des descendants du radon ? Dans les habitations, c'est le radon qu'il faut mesurer, c'est beaucoup plus commode et probablement plus significatif ".

Pour le futur, il est essentiel, dans la mesure du possible, de savoir ce qu'il faut mesurer. Je crois qu'actuellement la technique suivra, on arrivera à mesurer ce qu'il faut, mais encore faut-il ne pas changer trop souvent d'avis.

M. GAUVENET

Vous dites que précisément si l'on passe au domaine fondamental, ces problèmes vont s'aggraver. Il me semble que c'est plutôt la recherche appliquée que vous venez d'évoquer ?

M. PRADEL

Je ne dis pas que les problèmes vont s'aggraver, mais si l'on change le phénomène ou le paramètre à mesurer, si l'on nous dit que ce sont, par exemple, les particules comprises entre 0,1 et 0,2 μm qui ont des charges positives qui jouent un rôle (on peut imaginer des tas de choses, si l'on approfondit la connaissance fondamentale), il nous faudra créer d'autres dosimètres et il nous faudra essayer de trouver le moyen d'utiliser les anciennes données en définissant des coefficients de passage d'une ancienne mesure à la nouvelle préconisée.

M. GAUVENET

Est-ce parce que la recherche fondamentale est insuffisante dans ce domaine qu'on hésite autant ?

M. PRADEL

Certainement, l'importance du domaine de recherche a été sous-estimée.

Un délégué suisse

L'expérience de M. Lafuma a permis d'enterrer les études épidémiologiques. En Suisse, nous enregistrons maintenant les travailleurs professionnels qui ont reçu une dose carrière, donc une dose au cours de leur vie professionnelle supérieure à 10 rem ou 10 rad, mais nous ne savons pas très bien qu'en faire. Par ailleurs, la Suisse étant un petit pays, est-ce que l'idée d'une enquête sur un plan plus large, international, ne vaudrait pas la peine, au moins pour enregistrer ces gens ?

M. LAFUMA

1. Les cancers dus aux rayonnements apparaissent à l'âge auxquels apparaissent normalement les cancers, c'est-à-dire qu'il faut avoir des

travailleurs qui se trouvent dans la tranche d'âge correspondant au cancer recherché. Tant que l'on n'atteint pas cette tranche d'âge, on ne peut qu'enregistrer. Pour en tirer des conclusions, il faut avoir un nombre suffisant de travailleurs dans cette tranche d'âge de manière à voir s'il y a ou non excès. C'est donc une bonne chose de commencer à enregistrer avant de lancer l'enquête épidémiologique. Au Commissariat, on s'est préoccupé du sort des mineurs d'uranium, une vingtaine, sinon une trentaine d'années après le début du travail et, pratiquement, on a beaucoup de mal pour retrouver tous les travailleurs et également pour retrouver la dosimétrie quand elle existe. Pour l'avenir, c'est donc une excellente chose d'avoir archivé tous ceux qui ont été irradiés à des doses supérieures à 10 ou 20 rem mais, pour le moment, on ne peut pas utiliser ces données.

2. Si vous menez une enquête sur le plan international, votre problème sera alors d'avoir une population de contrôle internationale qui aura des caractéristiques identiques à celles de votre population de travailleurs, et cela sera extrêmement difficile.

M. GAUVENET

En France, nous ferons un registre de tous les travailleurs qui ont reçu des doses ayant atteint un certain niveau 5 rem, 10 rem, tout est pris en compte. Il serait sûrement intéressant à un certain moment d'avoir des échanges bilatéraux ou internationaux sur ces thèmes.

M. LEMAIRE

Dans le cadre scientifique, le problème des faibles doses est finalement un problème d'action sur un organisme qui est toujours sain, car les systèmes ne sont pas stationnaires comme en radiopathologie et je me demande dans quelle mesure le développement d'appareils comme le fébétron (accélérateur de particules pulsées), etc. qui permettent d'envoyer des pulses en des temps très courts et donc d'étudier la radiobiologie des phénomènes dits rapides, ne peut pas éclairer considérablement sur les mécanismes fondamentaux. Avec les fébétrons, on arrive à des débits de doses assez importants de l'ordre de 100, 200 rad par pulse et la durée du pulse est actuellement de l'ordre de 10^{-7}, 10^{-8}/s. On est dans le domaine de la radiobiologie des phénomènes rapides. Dans ce domaine, l'on serait exactement dans les conditions stochastiques des faibles doses, notamment au point de vue de la formation radicalaire, etc. on assisterait, dans ce cas là, à la naissance et à la recombinaison des entités radicalaires. Ainsi, le développement de ces appareils et la possibilité d'irradier des cellules, puisque maintenant on arrive à bien savoir cultiver les cellules de mammifères, pourraient apporter au plan fondamental des renseignements. On commence à avoir un grand nombre de publications dans ce domaine.

M. LAFUMA

Nous avons travaillé avec une machine à Valduc qui permettait de délivrer 200 à 300 rad en 10^{-8} s. On a fait de la cancérologie sur l'animal. Pratiquement il n'y a aucune différence dans les résultats avec ce que

l'on observe à une dizaine de rad/heure. Cela n'a rien apporté sur le plan de l'induction cancéreuse. Il est possible que cela donne des informations sur les mécanismes très fondamentaux, mais on aura beaucoup de mal à quantifier une différence sur l'efficacité d'induction des cancers, car on ne l'observe pas sur l'animal, compte tenu des possibilités expérimentales.

M. DUHAMEL

Ce matin, nous avons entendu un remarquable exposé sur la cartographie et la mortalité par cancer. Je me demande s'il ne serait pas intéressant, à moins que cela ait déjà été traité, de faire une étude sur le passé qui serait comparée avec les lois de l'évolution. On voit, par exemple, de magnifiques arbres généalogiques qui nous font remonter aux animaux préhistoriques. Quelle était, à ce moment-là, la radioactivité ambiante ? Quels étaient les risques éventuels d'inhalation ?

Mme MASSE

L'espèce humaine est très récente par rapport à l'âge de la terre — 4 milliards 600 millions d'années d'un côté et de l'ordre d'à peu près 3 millions d'années pour l'homme. Il y a eu évidemment une modification dans la radioactivité tellurique, et dans l'irradiation cosmique, notamment dans les périodes où il y avait inversion du champ magnétique terrestre. Ce bouclier, cet écran représenté par le champ magnétique terrestre disparaissait, nous avions davantage de radiations cosmiques. Mais, pour cette période très courte de 2 à 3 millions d'années, je ne peux pas croire qu'il y ait eu une incidence des variations de la radioactivité tellurique sur la fréquence du cancer.

M. LAFUMA

Actuellement à Fontenay, en collaboration avec le CNRS, nous étudions l'évolution des mammifères qui vivaient il y a 200 ou 300 millions d'années. Il reste des espèces survivantes et on peut suivre l'évolution des chromosomes dans le temps. On s'aperçoit que la masse de l'ADN restituée est pratiquement constante. On voit qu'au cours de l'évolution il y a des réarrangements de structure dans les chromosomes. Si l'on regarde les modifications chromosomiques chez des humains irradiés ou accidentés, on trouve des chromosomes de babouin, de macaques, etc. On retrouve exactement les mêmes réarrangements chromosomiques que ceux que l'on a observés au cours de l'évolution. Cela ne veut pas dire que l'irradiation a conditionné l'évolution, mais bien que l'irradiation est capable d'induire des réarrangements stables que l'on voit transmis sur des dizaines de millions d'années. On en est là dans ces études très fondamentales, mais qui ont un but de protection radiologique : être capable d'estimer le risque de transmission d'une modification chromosomique induite par l'irradiation, en recherchant si celle-ci est stable, transmissible ou non. Or, chaque fois que l'on retrouve une modification qu'on a vu apparaître dans une espèce au cours de l'évolution, on est certain qu'elle est stable et transmissible.

M. PRADEL

M. Bovard nous a dit que l'homme des cavernes avait eu la chance de ne pas avoir de CIPR ; l'homme des cavernes était certainement beaucoup plus irradié que l'homme actuel. A-t-on aussi regardé l'évolution des taupes qui vivent en permanence dans la terre, car chaque fois que l'on fait un trou dans le sol, on a une concentration en radon qui est de l'ordre de grandeur de ce que l'on trouve dans les mines d'uranium, les taupes vivent vraiment avec des niveaux d'irradiation très élevés. Existe-t-il une évolution chez la taupe ?

M. MASSE

L'homme des cavernes comme la taupe sont des êtres qui vivent peu de temps.

M. PORETTI

J'ai eu l'impression qu'en parlant de l'irradiation gamma on ne considère jamais l'action effective des radiations gamma dans les organes. Les calculs faits dans mon laboratoire à partir de fantômes selon la méthode MIRD des Américains, pour la répartition dans les organes, nous a permis de constater que l'irradiation gamma était dans les ovaires de 57 % de la mesure de la dose locale, pour les testicules de 68 % et pour la moelle osseuse de 82 %. J'aimerai que Mme Tirmarche me dise si en France on a fait aussi ces calculs avec les fantômes.

Mme TIRMARCHE

Si vous parlez des deux enquêtes menées en France, il s'agit d'études comparant les différences des taux de mortalité par cancer en fonction de deux régions présentant des niveaux différents de radioactivité naturelle. Par contre, dans les études présentant les effets liés à l'irradiation médicale, le tableau indiqué résume les différents types de cancers observés en fonction des doses moyennes à l'organe correspondant.

M. LAFUMA

Nous utilisons un fantôme surtout pour les reconstitutions d'accidents. Nous cherchons la dose à l'organe et la dose aux différentes parties d'organe. Ceci est fondamental pour poser un pronostic après un accident d'irradiation dans lequel la dose est toujours délivrée de façon hétérogène. Mais, pour la surveillance du personnel, pour le travail de routine, les enquêtes épidémiologiques, etc., la dose dont nous parlons c'est la dose à la peau.

M. GAUVENET

Quant à la réglementation et plus spécifiquement les recommandations de la CIPR depuis ces dernières années, dont M. Lafuma nous a dit qu'elles avaient été prises avant d'avoir obtenu les résultats d'un groupe de travail spécialement constitué, j'ai l'impression qu'il y a une évolution de la philosophie de la CIPR ; autant, dans les temps anciens où l'on par-

lait de limite maximale admissible et de doctrine ALARA, pour prendre un terme anglais commode, cette philosophie était universellement acceptée, autant maintenant les dernières recommandations ont été le sujet de grandes discussions soit nationalement, soit internationalement, par exemple aux Communautés européennes. Cela pose problème et on retrouve, me semble-t-il, les mêmes problèmes dans les recommandations et les projets de législation sur l'irradiation naturelle. Y-a-t-il des questions précises sur ces thèmes ?

M. LAFUMA

En effet, je ne suis pas en plein accord avec les valeurs choisies par la CIPR. Il ne me semble pas possible de prendre directement les valeurs obtenues dans des conditions professionnelles très particulières, telles que celles des mines d'uranium et de s'en servir pour fixer des limites pour les membres du public. Ce qui intéresse celui-ci, ce n'est pas le chiffre de 200 Bq par m^3 mais le risque réel encouru.

Un groupe de travail de la CIPR, dont je suis membre, cherche à faire une analyse scientifique des conséquences de l'irradiation des populations par le radon. C'est un problème très difficile car les données sont fragmentaires et contradictoires. On ne peut aujourd'hui définir des valeurs réglementaires.

M. MADELMONT

La réalisation des campagnes de mesure de l'exposition des populations aux rayonnements ionisants d'origine naturelle demande la participation de bénévoles pour recevoir les dosimètres nécessaires. Ces bénévoles font partie de structures socio-professionnelles choisies par les autorités locales.

Lorsque les résultats sont disponibles et transmis à ces autorités, la question se pose de savoir si cette diffusion doit être assurée auprès des populations et comment ? Pour tenter d'y répondre les points suivants sont à considérer :

- les mesures personnalisées dans les habitations individuelles doivent être considérées comme confidentielles et transmises uniquement aux personnes concernées ;
- les analyses statistiques sur un département, histogramme, valeurs moyennes, valeurs extrêmes, peuvent être diffusées sans difficulté, de même que des comparaisons entre départements ou entre régions ;
- une interprétation sanitaire devrait être fournie, car pour le public si on fait des mesures, c'est qu'il y a danger.

Ce dernier point est difficile, car il ne s'agit pas de mettre en lumière un risque lié à l'habitat, risque peu connu jusqu'ici et susceptible d'entraîner des conséquences économiques difficiles à estimer, voire à maîtriser. Je pose donc la question de savoir comment diffuser ces résultats auprès du grand public, la réponse est d'autant plus nécessaire que, récemment, des départements ont choisi comme structure d'accueil le corps enseignant des collèges.

M. COULON

M. Madelmont pose une question très importante : celle du droit à l'information. Il s'agit d'un problème délicat qui ne pourra pas être résolu dans les minutes qui restent. S'il était possible de faire passer une information claire, précise et simple, il ne devrait y avoir aucune réticence et on serait tenu de le faire. La difficulté réside dans le fait que cette information ne peut être passée de façon simple. Elle suppose certains attendus, des doutes, des explications complémentaires, or les personnes à qui l'information est destinée sont rarement en mesure de comprendre cela.

Un autre élément est que le souci d'informer peut avoir un effet déformant : le destinataire de l'information peut croire que l'intérêt porté à cette source d'exposition et les efforts faits pour l'évaluer sont à la mesure du danger réel qu'elle représente. Ceci peut contribuer à accentuer le déséquilibre vis-à-vis d'autres risques qui sont, à tort, jugés inexistants pour la seule raison qu'aucune information n'est faite à leur sujet.

Pour ces raisons je pense qu'il faut être très prudent dans la diffusion de ce type d'information et la limiter à ceux qui sont en mesure de l'apprécier convenablement.

M. UZZAN

Pour ma part, je voudrais revenir sur l'intervention de M. Sinnaeve de la CCE de Bruxelles, qui nous a présenté un inventaire complet des études menées en Europe concernant la collecte des données sur l'irradiation naturelle.

Au cours des contacts que nous avons pu établir avec les équipes travaillant dans ce domaine, en particulier en Angleterre et en Allemagne, il nous est apparu que les problèmes concernant l'information des populations impliquées par ces mesures se posent avec la même acuité qu'en France. Aussi, nos collègues étrangers ont-ils mis au point un petit fascicule de vulgarisation qui répond aux exigences d'information pour les populations qui sont soumises et souvent dérangées par les mesures d'irradiation naturelle dans leur habitation.

M. PAULIN

J'ai constaté, ces temps derniers, à propos de la célébration du cinquantième anniversaire de la découverte de la radioactivité artificielle, que le public posait ou se posait plus de questions sur la radioactivité naturelle que sur la radioactivité artificielle. Comme nous sommes obligés de prendre, le plus souvent, des exemples typiques et par là même un peu schématiques, pour évoquer les variations de la radioactivité naturelle en fonction de la localisation géographique ou celles de l'irradiation due au radon suivant la ventilation des locaux d'habitation, les interlocuteurs nous ramènent à la réalité avec des questions de ce type : " N'auriez-vous pas un petit compteur pour venir voir ce qui se passe chez moi " ? Une demande d'information existe. Peut-on y répondre ?

M. RANNOU

En France nous avons édité également un dépliant de vulgarisation pour diffusion auprès du public concerné par l'étude. Ce dépliant est distribué par notre laboratoire (1).

M. GAUVENET

Je remercie les orateurs et les participants à cette table ronde, ainsi que la Principauté et l'Office du tourisme pour leur accueil.

(1) CEA, IPSN, Département de protection sanitaire, SEAPS, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex.