

CONTRATS DE RECHERCHES SUR LES RAYONNEMENTS

Conformément à son Statut, l'AIEA exerce son action sur deux plans : elle aide les divers pays à résoudre leurs problèmes particuliers et elle entreprend des travaux dans l'intérêt commun de tous ses Membres. C'est à ce second titre que l'Agence a conclu un certain nombre de contrats avec des instituts de recherche nationaux. L'objet de deux de ces contrats est décrit ci-après par les spécialistes responsables de leur exécution. L'Agence a contribué à ces travaux en mettant des membres de son personnel scientifique et des appareils à la disposition des instituts intéressés et en leur accordant une aide financière.

LES EFFETS BIOLOGIQUES DES FAIBLES DOSES D'IRRADIATION

par Otto Hug

Docteur en médecine de l'Université de Berlin, le Professeur Hug a été assistant à l'Institut Max Planck pour l'étude de la biophysique à Francfort, et a enseigné à l'Université de cette ville. Il a été nommé professeur de biologie à l'Université de Ratisbonne en 1956, et fait maintenant partie des cadres de l'AIEA (Division de la santé, de la sécurité et de l'évacuation des déchets)

Afin de déterminer les doses maxima d'irradiation auxquelles l'organisme peut être exposé - professionnellement ou non -, il faut connaître les effets biologiques que peuvent produire de très faibles doses. Ce domaine particulier de la biologie des rayonnements n'a pas encore été suffisamment exploré. Cela vaut pour les lésions tardives éventuelles, dues à une exposition professionnelle aux rayonnements prolongée pendant de nombreuses années, de même que pour les réactions aiguës de l'organisme à des expositions isolées d'un niveau peu élevé. Nous savons qu'une irradiation inférieure à 25 unités röntgen (r) risque peu de provoquer des symptômes pathologiques. Néanmoins, il semble bien que des doses plus faibles encore puissent déclencher certaines réactions instantanées qui ne doivent pas être négligées.

Réactions sur le système nerveux

Des observations récentes, de plus en plus nombreuses, permettent d'attribuer au système nerveux un rôle important dans ces réactions instantanées. Jusqu'à un certain point, cela contredit l'opinion généralement reçue, selon laquelle le système nerveux est très résistant aux rayonnements ionisants. En effet, seules des doses extrêmement fortes peuvent infliger au système nerveux des lésions structurales ou fonctionnelles irréparables. Cependant, quelques observations anciennes, et d'autres plus récentes, ont montré que les organes des sens et le système nerveux des animaux peuvent réagir rapidement et facilement à de faibles doses. Röntgen a déclaré que les rayonnements qu'il avait découverts produisaient une sensation lumineuse sur l'oeil humain; ce phénomène a fait l'objet d'études détaillées. Malheureusement, la sensation est si faible - surtout en plein jour - qu'elle ne peut servir de signal avertisseur contre les rayonnements. Il semblerait cependant que les animaux inférieurs y soient beaucoup plus sensibles. Nous avons pu démontrer que de nombreux invertébrés réagissent par des mouvements réflexes à des doses d'irradiation extraordinairement faibles. C'est ainsi que les escargots rétractent leurs cornes, les moules ferment leurs coquilles, et les actinies ou anémones de mer rétractent leur couronne de tentacules.

Quelques secondes seulement après le début de l'irradiation, les bernaches arrêtent leurs mouvements rythmiques de préhension. De même, le comportement des insectes peut être troublé par l'irradiation. Les fourmis, par exemple, manifestent aussitôt une vive agitation et tentent de fuir la zone irradiée pour se réfugier dans un "abri". Des savants américains ont décrit récemment certaines perturbations dans le comportement de la daphnie soumise à une irradiation. L'analyse quantitative de tous ces phénomènes prouve qu'il s'agit de réactions réflexes à des rayonnements ionisants précédemment inconnus.

Pour différentes raisons, nous pouvons présumer que cette réaction aux rayonnements ionisants ne s'est pas entièrement perdue au cours de l'évolution des espèces et que, chez l'homme, elle ne se limite pas à la sensibilité de l'oeil, mentionnée plus haut. En radiothérapie, on a constaté qu'aussitôt après une irradiation locale de l'abdomen, il peut se produire des perturbations des mouvements normaux des intestins et de l'estomac, tels que des retards dans l'évacuation de l'estomac. On suppose que ces phénomènes font intervenir le système nerveux végétatif.

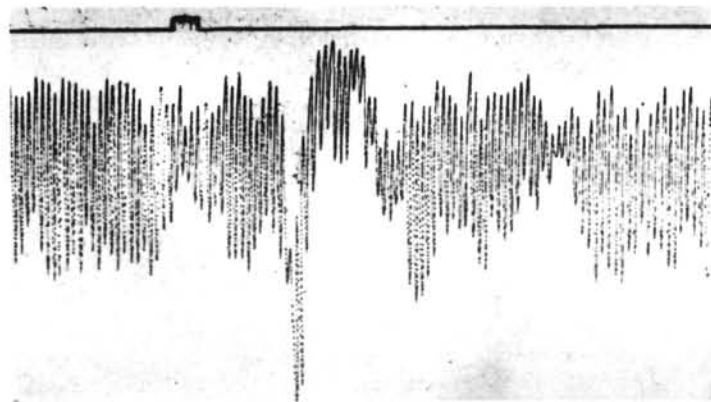
Des réactions instantanées intéressantes le système nerveux n'ont été observées que depuis peu; on trouve, notamment dans les périodiques scientifiques soviétiques, des communications décrivant des phases d'hypersensibilité après irradiation, des altérations des réactions réflexes normales et des perturbations des courants électriques du cerveau, mesurables par électro-encéphalographie, le tout à la suite de doses minimales d'irradiation.

Tels sont les faits scientifiques qui ont amené l'Agence internationale de l'énergie atomique à passer avec l'Institut de pharmacologie de l'Université de Vienne un contrat de recherche pour l'étude des effets des faibles doses d'irradiation sur les cellules, en particulier sur les cellules nerveuses. Cet institut semblait particulièrement qualifié pour s'occuper de ce problème, étant donné les travaux de recherche auxquels il a déjà procédé. Le Professeur Franz Brücke, Directeur de l'Institut, et le Dr Otto Kraupp, son collaborateur, s'intéressent

RECHERCHES ENTREPRISES

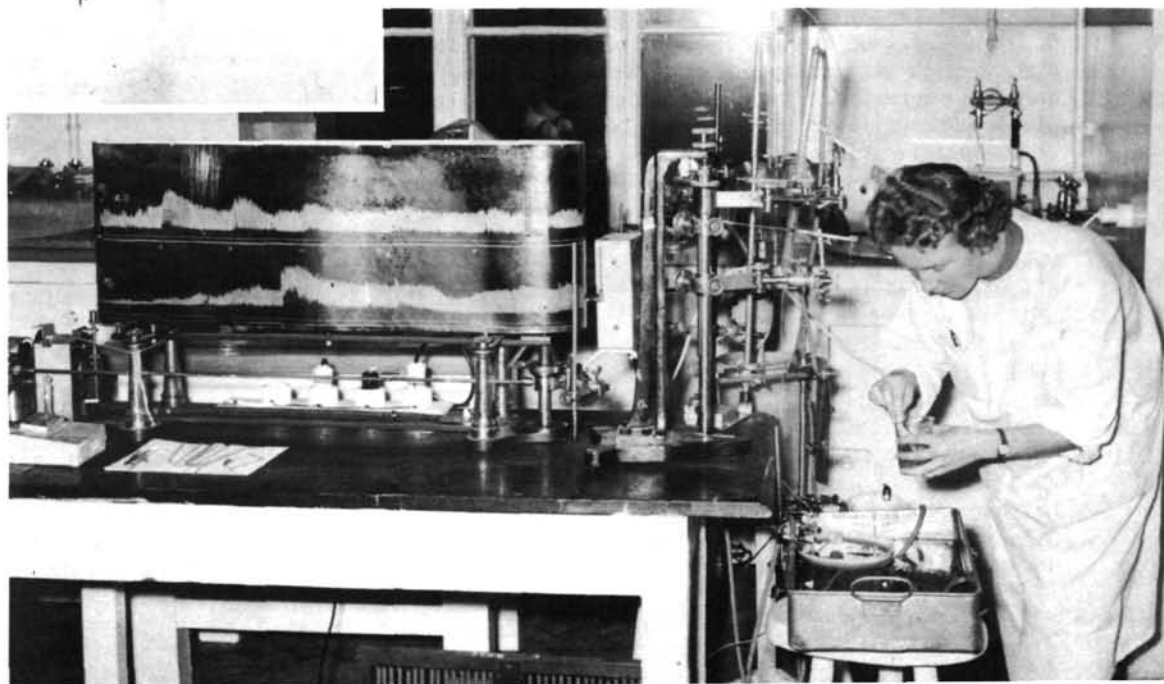
A gauche: Appareil servant à mesurer des potentiels électriques intra-cellulaires. Un fragment de muscle de grenouille, préparé dans une boîte de Pétri, est placé sous le microscope. Des micro-électrodes sont introduites dans une fibre musculaire à l'aide d'un micro-manipulateur spécial. L'appareil est isolé des perturbations électriques par un écran métallique

Muscle de grenouille dans lequel est placée une micro-électrode



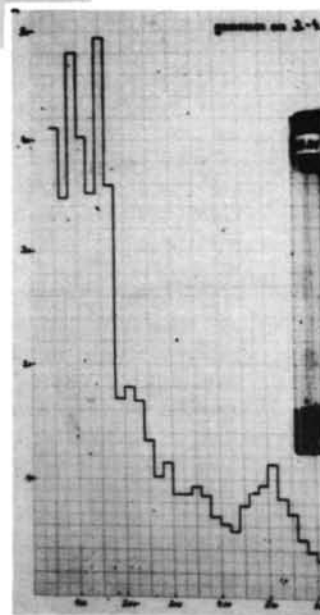
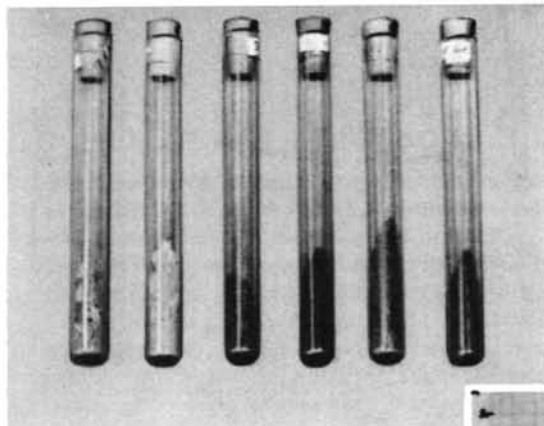
A droite: Kymographion mesurant la tension et le mouvement des intestins du lapin. Un fragment d'intestin, plongé dans un bain à température constante est relié par un système de levier à un stylet qui enregistre ses mouvements sur un papier noirci mobile

En haut: Section d'un graphique montrant une contraction de l'intestin après une courte période d'irradiation (indiquée sur la ligne du bas)



A L'UNIVERSITE DE VIENNE POUR L'AIEA

A droite: Echantillons prélevés dans la biosphère - eau, plantes et sol - où des produits de fission ont été concentrés. Au-dessous: graphique indiquant les mesures de radioactivité obtenues avec un spectromètre gamma



A gauche: Un échantillon est introduit dans un scintillomètre. Une grande partie des rayonnements provenant de l'échantillon frappe le cristal - qui apparaît comme un cercle blanc à l'intérieur d'une épaisse enveloppe de plomb - et produit des scintillations, dont le rythme permet de mesurer la quantité de substances radioactives contenues dans l'échantillon

A droite: instrument pour la mesure de la radioactivité à des intensités très faibles. Un appareil photographique enregistre automatiquement les indications toutes les heures



LES EFFETS BIOLOGIQUES DES FAIBLES DOSES D'IRRADIATION (Suite de la page 7)

depuis longtemps au fonctionnement du système nerveux et à ses réactions en présence de différents médicaments. Il est intéressant de noter que les propriétés et fonctions électriques des cellules ont été mesurées à l'aide d'une méthode spécialement conçue par l'Institut. Les observations mentionnées ci-dessus donnaient à penser que les réactions instantanées des cellules à l'irradiation entraînent aussi des modifications de leur état électrique. On a donc décidé d'appliquer cette méthode aux recherches entreprises pour le compte de l'AIEA. Les expériences portent sur différentes cellules animales et végétales, depuis les cellules d'algues jusqu'aux fibres musculaires de mammifères. Des tubes capillaires de verre, dont le diamètre à l'extrémité est d'un demi micron, remplis d'une solution spéciale, servent d'électrodes. Sous un stéréo-microscope, ces électrodes sont introduites dans une seule cellule, au moyen d'un manipulateur spécial, ce qui permet de mesurer les potentiels électriques qui s'établissent entre l'intérieur de la cellule et le milieu environnant. Ces potentiels - qui représentent un phénomène vital caractéristique - sont entretenus par des processus métaboliques et de diffusion complexes, notamment dans les membranes des cellules. Le potentiel de la cellule au repos est presque constant ("potentiel au repos"). En cas d'activité spontanée ou de stimulation, on voit apparaître des pointes caractéristiques ("potentiels d'activité").

Jusqu'à présent, les changements de potentiel n'avaient été observés que sous irradiation à très fortes doses. Le projet de recherche nous permettra de déterminer si de faibles doses d'irradiation peuvent également modifier les potentiels au repos et les potentiels d'activité. L'irradiation s'effectue au moyen d'un appareil à rayons X, tel qu'il est employé pour l'irradiation thérapeutique superficielle de la peau.

Une nouvelle méthode de recherche

En même temps, nous nous efforçons d'atteindre le même but par une autre voie, qui est celle de la détection des réactions biologiques instantanées. Les effets de l'irradiation sur les intestins font l'objet d'observations cliniques expérimentales au moyen d'une technique spéciale employée pour les essais de

médicaments. Lorsqu'un fragment d'intestin de lapin est conservé dans des conditions aussi proches que possible des conditions physiologiques, les muscles des parois intestinales gardent longtemps leur tension et subissent des contractions rythmiques correspondant au péristaltisme naturel de l'animal vivant. La tension et les mouvements peuvent être enregistrés au moyen d'un kymographe. De cette manière, nous avons découvert que l'irradiation par les rayons X élève la tension dans l'intestin. Nous nous proposons maintenant de déterminer la dose et l'intensité minimales nécessaires pour produire cet effet, et d'analyser quantitativement la mesure dans laquelle l'effet dépend de ces deux valeurs.

Au cours de nos recherches, nous avons mis au point un autre test portant sur les faibles doses d'irradiation. Ce test consiste à mesurer le passage d'une solution sanguine artificielle à travers les vaisseaux sanguins d'une anse intestinale. On a observé que sous irradiation, le débit diminue au bout de quelques secondes et ne retrouve son niveau normal que lorsque l'irradiation a cessé. Le phénomène peut également être enregistré à l'aide d'un kymographe.

Les observations que nous avons pu faire jusqu'à présent nous portent à croire que les réactions instantanées de l'intestin des mammifères à l'irradiation sont des réactions - du type réflexe - à un stimulus et qu'elles obéissent aux mêmes règles que les réactions aux stimuli mécaniques, chimiques, optiques et électriques.

Comme toujours, de nombreux problèmes nouveaux, qu'il reste à élucider, se sont posés au cours de nos travaux et à la suite des résultats obtenus : ces réactions très sensibles sont-elles provoquées par une stimulation directe des nerfs, par des récepteurs situés dans les parois intestinales ou par des substances libérées ou produites, sous irradiation, dans d'autres cellules ? Peut-on isoler et identifier ces substances ? Les effets instantanés de l'irradiation peuvent-ils être réduits ou supprimés par certaines substances, telles que celles qui sont déjà connues pour leurs propriétés protectrices contre les rayonnements ? Aucune de ces questions n'est purement théorique; toutes concernent directement la protection radiologique.

LE PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE REACTEURS AU JAPON (Suite de la page 6)

Compte tenu de ces circonstances, la Commission de l'énergie atomique du Japon a établi un plan de production d'électricité nucléaire. Ce plan prévoit que la capacité installée totale des centrales nucléaires atteindra 600 000 kW en 1965 et 7 millions de kW en 1975. Les industriels japonais ont déjà pris des mesures pratiques en vue de produire de l'énergie

nucléaire sur une base commerciale et une société, appelée Société de production d'énergie atomique du Japon a été constituée en 1957. Elle se propose d'aménager des centrales atomiques au Japon, en important, pour commencer, un réacteur du type Calder Hall perfectionné, d'une puissance de 150 000 kW. Ce sera le premier réacteur de puissance exploité au Japon sur une base commerciale.

LA REPARTITION DES PRODUITS DE FISSION DANS LA BIOSPHERE

par M. Thomas Schönfeld

Docteur ès sciences de l'Université de Vienne, M. Schönfeld exerce les fonctions de professeur adjoint au Premier Institut de chimie de l'Université. Il dirige le projet de recherche décrit dans le présent article

La protection contre les rayonnements ionisants émis au cours des transformations nucléaires constitue l'un des principaux problèmes de sécurité qui se posent chaque fois que l'on met en jeu l'énergie atomique. En dépit de tous les efforts déployés pour faire en sorte qu'en aucune circonstance prévisible les réacteurs, les usines de traitement chimique et toutes autres installations ne mettent des substances radioactives en liberté dans la biosphère - air, eau et terre -, de petites quantités de ces substances n'en atteignent pas moins le milieu où vit l'homme. Sans doute continuera-t-il d'en être ainsi, au moins pour le présent. Pour donner un exemple, les déchets liquides de faible radioactivité provenant de certaines usines de traitement chimique sont décontaminés par des procédés spéciaux mais des traces de produits de fission demeurent dans les effluents finalement évacués dans le sol ou dans les cours d'eau avoisinants. Dans certaines installations, les déchets liquides de radioactivité faible ou moyenne sont parfois évacués dans le sol ou dans des fondrières sans avoir subi de décontamination préalable. On peut également craindre en cas d'accident, que des produits de fission en quantités plus importantes ne s'échappent parfois.

Pour s'assurer que l'on peut sans danger mettre normalement en liberté de petites quantités de produits de fission et pour être en mesure d'évaluer l'effet possible des quantités plus importantes qui pourraient s'échapper en cas d'accident, il faut recueillir des renseignements en très grand nombre.

Processus d'enrichissement

Des problèmes spéciaux se posent en raison des processus d'enrichissement que suivent certaines substances dans la biosphère. Même si la concentration d'un radioélément à l'endroit où il est mis en liberté (par exemple, au débouché dans un cours d'eau) est inférieure à la tolérance, il est possible que ce radioélément se retrouve fortement concentré dans des aliments destinés à la consommation humaine après avoir été absorbé par des organismes aquatiques qui entrent dans le processus de formation des aliments. C'est ainsi que l'on a pu constater dans ces organismes un fort enrichissement du phosphore radioactif, qui n'est pas d'ailleurs un produit de fission. Il se peut également que les processus d'enrichissement provoquent des dangers lorsqu'une eau faiblement contaminée est utilisée pour l'irrigation. Il faut évidemment étudier avec beaucoup de soin les processus de ce genre, si l'on veut être certain de n'avoir pas à craindre d'effets nocifs en mettant en liberté des substances radioactives dans des conditions données.

On a déjà acquis des connaissances utiles sur divers aspects de l'évolution des produits de fission

dans la biosphère; néanmoins, beaucoup de questions importantes demeurent sans réponse.

La construction de réacteurs, en forte augmentation, qui est envisagée pour le proche avenir entraînera un accroissement correspondant des produits de fission à éliminer; il faut donc intensifier les recherches dans ce domaine. En mai 1958, des recherches sur "les facteurs qui déterminent la répartition des produits de fission dans la biosphère" ont été commencées au premier Institut de chimie de l'Université de Vienne en exécution d'un contrat passé avec l'Agence internationale de l'énergie atomique. Cet institut est dirigé par le Professeur Hans Nowotny; les travaux ont été confiés au Département de radiochimie dirigé par le Professeur Engelbert Broda.

Méthodes de recherche

Cette entreprise facilitera la réalisation d'un des principaux objectifs de l'AIEA, à savoir l'établissement des normes de sécurité destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens. Dans le cadre de ce projet, diverses méthodes de recherche ont déjà été mises en oeuvre ou sont en cours d'élaboration. La répartition de certains produits de fission présents dans la biosphère et provenant d'explosions nucléaires expérimentales, fait l'objet d'une étude en vue de déterminer quels facteurs régissent le transport et l'enrichissement de ces produits. Grâce à des expériences au laboratoire ou à la mise en liberté de petites quantités de produits de fission dans un milieu écologique donné, les conditions étant rigoureusement déterminées, on pourra par la suite recueillir de nouveaux renseignements sur l'absorption des produits de fission par certains organismes ou substances minérales.

Il faut employer des méthodes de détection d'une haute sensibilité pour étudier les produits de fission de la biosphère. Le premier Institut de chimie de Vienne a utilisé la spectrométrie gamma dès le début des recherches et terminera bientôt la mise au point d'un compteur bêta pour faibles intensités. Les chercheurs de l'institut font directement des mesures sur des échantillons prélevés dans la biosphère - cendres de plantes, résidus provenant de l'évaporation de l'eau de rivière - avec un spectromètre gamma (fourni par l'AIEA). Grâce à cet instrument, les rayons gamma d'énergies différentes sont enregistrés séparément, et on peut déceler chacun des radioisotopes émetteurs gamma d'après les caractéristiques énergétiques de son rayonnement.

(Suite page 12)

Caractéristiques du compteur bêta

Dans les compteurs bêta pour faibles intensités, et c'est là leur principale caractéristique, le comptage parasite dû aux rayons cosmiques et à la radioactivité ambiante est réduit. On obtient ce résultat en installant une forte protection contre les rayonnements venant de l'extérieur et en disposant autour du tube-compteur bêta plusieurs compteurs de rayons cosmiques. Grâce à ces derniers et à un "circuit d'anticoincidence", certains coups du compteur bêta sont automatiquement attribués aux rayons cosmiques et ne sont pas enregistrés. Le comptage parasite étant ainsi réduit, on peut décélérer de très faibles radioactivités dans la substance examinée. La sensibilité d'un tel compteur dépasse considérablement celle du spectromètre gamma. Cependant, les me-

sures sont plus difficiles, car chaque radioélément à étudier doit d'abord être isolé par des procédés chimiques. Les chercheurs de l'Institut procèdent actuellement au choix de méthodes de séparation radiochimique applicables aux échantillons à étudier dans le cadre du projet de recherches et à la vérification des résultats qu'elles permettent d'obtenir.

Au cours de ces travaux, le premier Institut de chimie de Vienne s'occupe particulièrement des produits de fission ayant une période de quelques mois. Jusqu'à présent, ces produits ont été beaucoup moins étudiés que les isotopes de longue période comme le césium-137 et le strontium-90. L'Institut a déjà obtenu des résultats en ce qui concerne la répartition de certains de ces produits de fission - zirconium, ruthénium et terres rares - dans les rivières et les lacs ainsi que dans la végétation.

SECURITE DANS LA MANIPULATION DES ISOTOPES

Le grand public est mis en garde périodiquement contre les dangers que comporte tout emploi de substances radioactives. Certes, le rayonnement atomique est une épée à deux tranchants. Les avantages que l'on peut tirer de son utilisation réglementée sont énormes et ses possibilités d'emploi sont, semble-t-il, illimitées. Mais tout travailleur scientifique sait que pour manipuler les substances radioactives - parmi les pionniers de la science atomique, certains en ont fait la tragique expérience - il faut posséder un minimum de connaissances et prendre un certain nombre de précautions, faute de quoi elles peuvent être fort dangereuses.

Des travaux récents ont cependant permis de déterminer avec assez de précision quels sont les effets des rayonnements ionisants dans des conditions données et quelles sont les mesures à prendre pour diminuer très sensiblement, sinon supprimer complètement, les risques d'exposition accidentelle ou excessive. Mais la plus grande partie de ces connaissances concernent des branches très spécialisées, et on ne peut s'attendre que tous ceux qui manipulent des radioisotopes en médecine, dans l'industrie, l'agriculture et divers autres domaines se familiarisent avec toutes les disciplines dont relève la technique qu'ils emploient. C'est pourquoi les usagers doivent avoir à leur disposition un code simple et concis ou tout au moins un guide de caractère général pour la manipulation sans danger des substances radioactives. Si l'on voulait qu'il fût complet et sûr, on ne pouvait établir un code de ce genre qu'en mettant en commun les connaissances et l'expérience que plusieurs pays ont acquises dans différents domaines.

Création d'un groupe d'experts

Consciente de cette nécessité, l'Agence a demandé et obtenu le concours de 13 hommes de science venus de 10 pays différents et les a chargés d'étudier ensemble la question en vue d'aboutir à un accord sur

une série de règles pratiques à l'intention de ceux qui travaillent avec des sources de rayonnements et de tous autres intéressés. Leurs recommandations ont été publiées récemment sous forme d'un petit manuel intitulé "Manipulation sans danger des radioisotopes". Pour l'élaboration de ce manuel, on a fait des études poussées et consulté un grand nombre de personnes compétentes; si on entreprend de le réviser, on tiendra compte de toutes les observations fondées et de toutes les données nouvelles qui seront parvenues à l'Agence dans l'intervalle.

Les recommandations ont trait non seulement aux aspects techniques et médicaux du problème, mais aussi à certains principes d'organisation. Selon les auteurs du Manuel: "L'expérience montre que l'on ne peut pas attendre du travailleur, même le plus compétent, qu'il n'oublie aucune prescription d'hygiène et de sécurité lorsqu'il est préoccupé de mener son travail à bonne fin". Il incombe donc à la direction des installations où des substances radioactives sont emmagasinées ou manipulées d'une manière ou d'une autre de prendre les dispositions voulues pour que des normes de sécurité soient appliquées. Aux termes d'une des principales recommandations des experts, toute installation de ce genre doit employer une personne techniquement qualifiée pour donner des avis sur toutes les questions touchant la protection radiologique.

L'hygiène et la surveillance médicale des travailleurs ont évidemment constitué l'un des principaux sujets de préoccupation des experts de l'Agence. A cet égard, ils ont recommandé notamment que les jeunes gens ne soient pas exposés aux risques d'irradiation professionnelle, qu'une attention toute particulière soit accordée à la protection des femmes en âge de procréer et que, lors des examens radiographiques et radioscopiques nécessaires, l'exposition soit limitée au strict minimum. Pour tous ceux qui