

## Physique des réacteurs

- 1) Examen des mécanismes ayant permis le déclenchement, la poursuite, le contrôle et finalement l'arrêt des réactions nucléaires et, à ce sujet, des perturbations créées par les réactions, de l'effet de propagation, du rôle des poisons, du rôle de l'eau et des conséquences sur les températures.
- 2) Durée des réactions et mesures permettant de la calculer; évolution de la puissance en fonction du temps.
- 3) Interêt éventuel d'études thermohydrogéologiques, répétitivité du phénomène et étude de son caractère, exceptionnel ou prévisible.

## AVENIR DE LA RECHERCHE

Les participants ont débattu de l'avenir du site et des mesures déjà prises pour le sauvegarder. Ils ont estimé qu'il fallait prélever des échantillons supplémentaires pour les recherches futures.

Les participants ont tous souhaité que d'autres réunions techniques de ce type soient organisées et ils ont demandé que l'Agence envisage d'accorder son aide aux trois groupes de travail techniques spécialisés.

Un compte rendu complet du colloque devrait être publié par l'Agence avant la fin de 1975.



COLLOQUE INTERNATIONAL, OTANIEMI, FINLANDE, 30 JUIN—4 JUILLET

Le colloque sur "les effets radiologiques des rejets des installations nucléaires dans les milieux aquatiques" a réuni 150 chercheurs et spécialistes venus de 26 pays et de quatre organisations internationales. Trente-trois exposés ont été faits à cette occasion au cours de dix séances.

# Effets radiologiques sur les milieux aquatiques

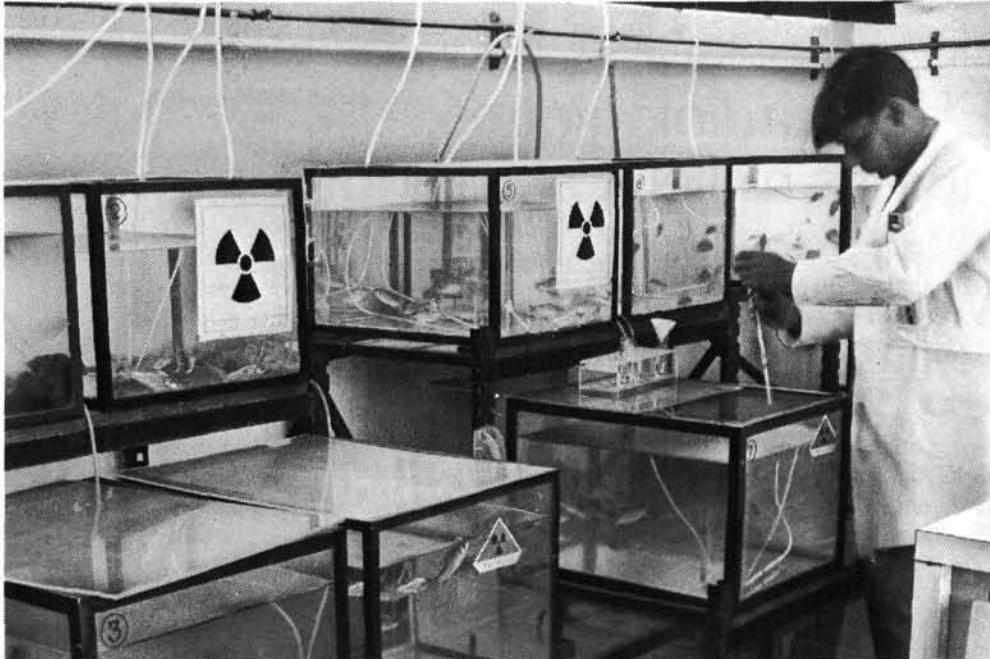
*Les progrès techniques rapides et leurs conséquences bénéfiques pour la société se sont accompagnés d'une multiplication parallèle des problèmes écologiques et humains. Le moment est venu de faire le point sur les effets de ces nouvelles techniques et particulièrement de celles qu'utilise l'industrie nucléaire, car nous abordons une époque qui verra la prolifération rapide de centrales nucléaires dans le monde.*

*Tant que l'homme continuera à utiliser l'énergie nucléaire, il ne pourra, semble-t-il, éviter totalement les rejets de matières radioactives dans le milieu. Il s'agit donc de limiter et de maîtriser ces rejets de façon que leurs effets nuisibles à l'homme et à son milieu soient maintenus à un niveau acceptable. Nous pouvons maintenant mettre à profit une expérience de trente ans concernant l'effet des matières radioactives sur le milieu. C'est afin d'analyser cette expérience et d'examiner les résultats d'études récentes sur la sécurité relative aux rejets des installations nucléaires dans les cours d'eau, les estuaires et la mer, que le colloque international sur les effets radiologiques des rejets des installations nucléaires dans les milieux aquatiques s'est tenu à Otaniemi, près d'Helsinki.*



Des appareils de repérage sont utilisés pour suivre à la trace des poissons repérés par des moyens sonores. — Cette expérience est faite dans la rivière Colombia, près des Usines Hanford, dans le sud-est de l'Etat de Washington (Etats-Unis) dans le cadre d'une étude sur les effets des rejets de chaleur sur les poissons d'eau douce. Photo: Pacific Northwest Laboratory.

Aquariums du laboratoire radioécologique dans lesquels sont effectuées des expériences sur les biotes aquatiques. Le laboratoire est installé au centre atomique d'Ezeiza, en Argentine.



## GENERALITES

Pour faire le bilan des effets radiologiques, il faut connaître le comportement des contaminants radioactifs en milieu aquatique et les normes pratiques de protection radiologique. Dans l'exposé qu'il a été invité à faire, M. Preston (Royaume-Uni) a fait appel à la notion de dose admissible et l'a appliquée aux analyses du milieu et des voies critiques. La détermination des voies critiques possibles, dès le début d'un rejet quelconque, permet une mise en place optimale des moyens de surveillance. Les opérations de surveillance du milieu naturel, contrairement à celles qui ont trait à l'exposition des travailleurs dans le milieu de travail, permettent rarement de mesurer directement l'exposition aux rayonnements et on doit estimer celle-ci indirectement d'après les mesures de contamination du milieu conjointement à une étude des habitudes et à l'analyse des voies critiques. On compare pour cela les niveaux mesurés aux limites pratiques dérivées (LPD). Les LPD sont des normes pratiques utiles et faciles à appliquer permettant de juger de l'importance d'une mesure ou d'une série de mesures. La valeur utilisée est généralement celle de l'exposition maximale ou du taux maximum d'ingestion pour l'individu, ou le taux moyen relatif du groupe critique auquel un individu se rattache. En fait, il s'agit d'un niveau maximal admissible d'exposition qui ne doit en fait jamais être atteint en vertu du principe de la réduction maximale des expositions, et tous les taux autorisés de rejet seront quelque peu inférieurs à celui qui pourrait d'après les calculs être toléré par l'environnement.

M. Osterberg (Etats-Unis) a fait porter son mémoire sur deux points, l'histoire de la Rivière Columbia et la retombée des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère. Il a déclaré que bien qu'aucun de ces événements n'ait exposé l'homme à des doses importantes, ils ne pourront se reproduire en temps de paix aux termes des nombreuses lois pour la protection de l'environnement maintenant en vigueur aux Etats-Unis. Bien que les laboratoires Hanford aient libéré annuellement jusqu'à 1000 curies de radionucléides induits par bombardement neutronique dans la Columbia et dans l'Océan Pacifique, on n'a observé aucun effet nuisible. Les études sur les retombées mondiales, a-t-il remarqué, ont révélé pour celles-ci une dose à l'homme plus élevée que celle qui est due à la production d'énergie d'origine nucléaire, mais les chaînes alimentaires dans l'océan semblent filtrer une grande partie de la radio-activité provenant des produits de fission si bien que ceux-ci sont à peine présents dans les produits absorbés par l'homme. En conclusion, M. Osterberg a estimé que ces faits sont encourageants pour l'avenir de l'énergie d'origine nucléaire.

Plusieurs participants se sont montrés très intéressés par le comportement des contaminants radioactifs et de leurs isotopes naturels stables dans différents éléments des écosystèmes aquatiques. Ils ont discuté en détail de ces questions et ont comparé les résultats obtenus dans différents laboratoires.

Une place importante a aussi été accordée aux éléments transuraniens à longue période tels que le plutonium.

Selon les résultats d'une étude préliminaire présentée par M. Hetherington (Royaume-Uni), une grande partie du plutonium rejeté dans la partie nord-est de la mer d'Irlande quitte très rapidement la phase eau, mais la faible proportion qui y reste se comporte ensuite de manière classique comme le  $^{137}\text{Cs}$ .

M. Thompson (Etats-Unis) a indiqué qu'après plus de vingt années de fabrication et de récupération chimique à grande échelle du plutonium à l'usine de Rocky Flats qui dépend de l'ERDA (Etats-Unis), on n'a décelé aucun risque écologique qui résulterait du rejet de petites quantités de plutonium.

Les spécialistes ont généralement estimé que les effets possibles des rejets seraient réduits au minimum étant donné que le plutonium se lie étroitement aux sédiments marins et qu'il est donc écarté de la voie directe par laquelle il atteindrait l'homme. Il ne faut pourtant pas négliger certains problèmes, comme l'importance d'une remise en circuit éventuelle à partir des sédiments. Les processus de mélange dans l'océan et les phénomènes de sédimentation dans les mers étroites et dans des océans profonds restent sous doute les inconnues majeures. Deux exposés ont été présentés par le laboratoire international de radioactivité marine de Monaco qui dépend de l'AIEA: "Etudes expérimentales sur la cinétique du plutonium dans les biotes marins" par S.W. Fowler, M. Heyraud et T.M. Beasley, et "Caractéristiques d'adsorption et de désorption du plutonium et de l'américium en présence de particules sédimentaires dans un estuaire" par C.N. Murray et R. Fukai. Les expériences relatées ont été faites au moyen de Pu 237, émetteur gamma à courte période de 45 jours environ qui a été produit au Japon et offert au laboratoire de Monaco.

## VOIES CRITIQUES

La définition des voies critiques est extrêmement importante pour évaluer les doses engagées à la population. En ce qui concerne les évaluations de l'exposition du public à des rayonnements provenant de déchets liquides radioactifs, M. Preston a résumé, dans son mémoire, l'ensemble des renseignements obtenus en la matière au Royaume-Uni. La dose engagée individuelle provenant de la partie aquatique de l'environnement serait le facteur limitatif, si on ne dépasse pas les limites de dose de la CIPR, les doses engagées totales à la population seront maintenues bien en deçà des limites acceptables.

On pourra évidemment réduire la dose engagée à un individu ou à la population en consacrant des sommes plus importantes au traitement des déchets ou en implantant à l'écart les usines de retraitement du combustible afin de répartir plus également la charge sur l'environnement. Le coût de ces traitements supplémentaires ou de ces transplantations doit être comparé aux avantages qu'on peut en obtenir ou aux coûts que les risques relatifs entraînent pour la société. En outre, il faut savoir si une prolifération excessive des usines de retraitement du combustible n'accroîtrait pas les risques associés au transport des matières fissiles et des déchets radioactifs. Toutes ces questions devront probablement être examinées au niveau international avant qu'une solution satisfaisante puisse être trouvée.

Au cours d'un débat général, M. Knizhnikov, de l'Institut de biophysique du Ministère de la santé publique de Moscou, a fait la déclaration suivante relative à l'évaluation des risques:

"Les expressions: 'danger', 'danger provenant de déchets radioactifs' etc. n'ont cessé de revenir au cours de ce colloque et je tiens à souligner que la répétition inutile de tels termes pourrait donner à l'opinion publique une image fautive de la situation réelle. Toute activité humaine comporte certains dangers et certains risques et l'inactivité elle-même est dangereuse. Des études comparatives sont nécessaires à une évaluation objective de la situation mais j'estime déjà que le risque de cancer provoqué par une dose de 5 rems par an équivaut à celui que court le fumeur qui consomme plusieurs cigarettes par jour. Fumer une cigarette par jour fait courir le même risque que la dose limite d'irradiation correspondant à un individu dans la population. Une heure passée dans une salle enfumée, comme cela a été le cas hier à la réception du Gouvernement, entraîne un risque équivalent à celui qui résulterait d'une irradiation à la dose limite pour toute la population et je crois pourtant que nous ne nous opposons absolument pas à de telles réceptions. Une centrale nucléaire expose à une dose et à un risque plusieurs dizaines de fois moindre et pourtant le public s'inquiète. Je pense qu'il faut être beaucoup plus prudent lorsqu'on parle du danger créé par les déchets des centrales nucléaires."

## RESSOURCES MARINES

Le facteur limitatif à considérer en matière de surveillance et de réglementation de l'évacuation des déchets radioactifs est la dose engagée à l'homme, étant entendu que si l'exposition de l'homme aux rayonnements est maintenue en deça de limites raisonnables, les organismes aquatiques ne courent par voie de conséquence qu'un risque négligeable de dommage biologique.

Les faits semblent actuellement indiquer que les poissons sont les éléments les plus radio-sensibles des écosystèmes aquatiques et que des dommages causés aux richesses marines auraient très probablement des effets directs sur les poissons plutôt que sur des organismes se situant à des niveaux inférieurs des chaînes alimentaires. Les éléments les plus vulnérables au cours du cycle de vie du poisson sont les gamètes pendant la maturation et les embryons en développement particulièrement sensibles aux rayonnements.

Si l'on en juge par les mécanismes de reconstitution des réserves parmi les populations de poissons exploitées, tout effet résultant d'une faible exposition à des rayonnements sera compensé par des réactions aux variations de densité de la population. La plupart des animaux aquatiques ont une mortalité naturelle et une fécondité toutes deux très élevées. Du point de vue génétique, ces facteurs favorisent la sélection, c'est-à-dire l'élimination rapide des mutations nuisibles qui risqueraient d'amoindrir la qualité et l'importance des populations.

M. Blayrock (Etats-Unis) a déclaré à la fin de son exposé sur l'estimation des doses et la prévision des effets des rayonnements sur les biotes aquatiques:

"Nous pouvons dire en conclusion que les effets somatiques ou génétiques produits sur les biotes aquatiques aux doses estimées pour la conversion, l'enrichissement et la fabrication du combustible, les réacteurs nucléaires et les installations de retraitement n'auront probablement pas d'effets importants sur les populations. Les estimations des doses d'irradiation reçues par les biotes aquatiques du fait des opérations d'extraction et de broyage sont bien supérieures à celles qui résultent des autres opérations du cycle du combustible. Des études à long terme sur les populations aquatiques exposées à des irradiations chroniques faibles seraient nécessaires pour qu'on puisse évaluer pleinement les effets de telles doses. Cependant, pour les taux les plus élevés (plantes aquatiques 3,3 rads/jour, invertébrés 1 rad/jour et poissons 0,06 rad/jour) déduits des données actuelles, les effets des rayonnements sur les populations aquatiques ne seraient probablement pas détectés et les populations continueraient à vivre sans effets nuisibles apparents.

## IMMERSION DES DECHETS EN HAUTE MER

Comme soixante-dix pour cent de la surface de la terre est couverte par les océans, on peut penser que ceux-ci peuvent recevoir une quantité beaucoup plus importante de déchets des installations nucléaires que les réseaux hydrographiques et certaines propositions ont été faites pour que l'immersion soit considérée comme l'une des solutions de rejet des déchets radioactifs. Les déchets radioactifs enrobés sont rejetés à la mer à différents titres depuis une trentaine d'années et l'AIEA s'en préoccupe beaucoup du point de vue de la sécurité.

Le rejet dans les hauts fonds marins de déchets fortement radioactifs, solidifiés ou enrobés, a été examiné par M. Anderson et coll. (Etats-Unis), qui ont conclu de la façon suivante:

"Bien que nous demeurions prudents, nous n'avons encore trouvé aucune raison technique sérieuse de douter de la possibilité d'immerger de façon satisfaisante des déchets fortement radioactifs au fond de la mer. Nous sommes maintenant convaincus qu'il est possible d'établir de façon claire et rationnelle les modalités de tels rejets et que les difficultés de

réalisation techniques ne sont pas insurmontables. Nous ne nous prononçons pas encore vraiment pour le rejet de tels déchets dans le lit de la mer mais nous sommes convaincus, comme nous l'avons dit plus haut, que le fond de la mer présente des zones stables et inutiles pour d'autres fins, que l'on peut sérieusement envisager comme emplacements de rejets et qu'un système d'immersion des déchets nucléaires dans le fond de la mer pourra être élaboré et fixé en temps utile."

## COMMENTAIRES GENERAUX

Des commentaires généraux ont été faits également pendant la réunion:

- Il convient d'encourager les études tendant à rattacher les résultats d'expériences en laboratoire à ceux des études sur le terrain dans les conditions naturelles du milieu et de promouvoir également les travaux sur les faits concrets ou sur les processus qui comportent des risques pour l'homme.
- Il faut essayer de développer les possibilités de comparaison entre les résultats obtenus dans les laboratoires situés dans les différentes parties du monde.
- Il convient d'encourager les études écologiques sur le plutonium et les autres éléments transuraniens à période longue et radiotoxicité élevée qui n'ont pas d'isotopes naturels stables.
- Il est indispensable qu'une collaboration internationale s'instaure entre les mathématiciens, les physiciens, les chimistes, les océanologues et les radiologues pour résoudre les problèmes complexes posés par l'écologie et la protection de l'environnement.
- En raison des modifications importantes des frontières au cours des vingt derniers siècles, il faudrait placer sous contrôle international non seulement l'immersion des déchets mais également l'immersion à long terme sur la terre ferme à l'intérieur des territoires nationaux.
- Certains participants ont exprimé le souhait que le  $^{237}\text{Pu}$  à émission gamma et à période courte (environ 45 jours) puisse être revendu à un prix raisonnable aux fins d'expériences biologiques.