

# Evacuation en mer: Bases scientifiques de la lutte contre la pollution

Rapport sur l'état d'avancement des travaux de l'AIEA et de l'AEN

par Amelia Hagen et B. Ruegger

L'AIEA et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE) ont toutes deux un rôle important à jouer en ce qui concerne le rejet en mer des déchets radioactifs.

L'AIEA est chargée de fonctions bien définies en vertu de la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières (dite Convention de Londres). L'AEN, grâce à son Mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance, surveille le rejet des déchets dans la partie nord-est de l'océan Atlantique.\*

La Convention de Londres charge l'AIEA:

- de définir les déchets radioactifs de haute activité dont l'immersion est interdite;
- de faire des recommandations concernant l'immersion d'autres déchets radioactifs.

L'AIEA vient d'achever une révision de sa définition et de ses recommandations, qui a été approuvée en septembre 1985 par son Conseil des gouverneurs. L'AEN, de son côté, a terminé l'examen (que le Mécanisme prescrit tous les cinq ans) du site d'évacuation et établi que, du point de vue radiologique, ce site peut accueillir pendant cinq ans des quantités déterminées de déchets.

Ces deux opérations ont nécessité d'importants travaux scientifiques destinés à leur donner des bases solides. Il a fallu, à maintes reprises, faire des études complémentaires et trouver des ressources à cet effet. L'AIEA avait auparavant organisé une série de réunions scientifiques et demandé au groupe GESAMP\*\* de la conseiller au sujet des modèles permettant de calculer les concentrations de radionucléides au delà desquelles le rejet en mer serait interdit. L'AEN avait créé, en avril 1981, un programme de recherche coordonnée et de

surveillance de l'environnement (CRESP) pour une première période de quatre ans portant sur l'évacuation en mer.

## Amélioration de la base scientifique

● *Perfectionnement des modèles.* En 1978, aussitôt après la révision de sa définition et de ses recommandations, l'AIEA a entrepris un programme destiné à donner une base scientifique plus solide à la révision suivante. Un de ses éléments les plus importants consistait à perfectionner les modèles servant à calculer les concentrations de radio-nucléides impropres au rejet en mer.

A la demande de l'AIEA, le GESAMP, à sa 11<sup>ème</sup> réunion, a accepté de créer un groupe de travail sur un «Modèle océanographique de la dispersion des déchets rejetés en mer». Le GESAMP a recommandé des modèles à utiliser dans le champ proche (la région voisine du rejet, où la concentration est sensiblement supérieure à la moyenne océanique) et dans le champ lointain (le reste de l'océan).\* (voir le tableau joint).

Pour l'examen du rapport, l'Agence a eu recours à deux modèles du GESAMP, l'un (Appendice VII) pour

---

## Modèles recommandés par le rapport GESAMP

---

### Champ proche:

- Modèle simple fini de diffusion dans l'océan (Appendice IV)
- Modèle modifié pour source de dimension finie et épuration (Appendice VII)
- Solution à panache lorsque la dimension du champ proche dépasse le rapport  $K_H/U$  à l'intérieur duquel la diffusion prédomine (Appendice IV)

### Champ lointain:

- Compartiment très mélangé (pour les contaminants restant longtemps en place)
  - Modèles d'épuration unidimensionnels des Appendices VI et IX
  - Modèle simple de diffusion tri-dimensionnel avec épuration (Appendice VII)
  - Modèle à compartiment à résolution moyenne
  - Modèle à différence finie à 2 ou 3 dimensions.
- 

Mme Hagen fait partie de la Division du cycle du combustible nucléaire (AIEA) et M. Ruegger de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, à Paris.

\* Un moratoire est actuellement imposé au rejet de déchets radioactifs en mer dans l'attente du résultat de nouvelles études.

\*\* Le GESAMP est le Groupe d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la pollution des mers commun aux organisations suivantes: Organisation maritime internationale (OMI), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), Organisation météorologique mondiale (OMM), Organisation mondiale de la santé (OMS), Nations Unies (ONU), Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et AIEA.

\* *An Oceanographic Model for the Dispersion of Wastes Disposed of in the Deep Sea*, OMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/AIEA/ONU/PNUE - GESAMP, Reports and Studies n° 19, AIEA (1983).



calculer les concentrations dans le champ proche et un autre (Appendice VI) pour le champ lointain \* On a admis que, dans certaines circonstances, le modèle de l'Appendice VII pourrait prédire des concentrations dans l'eau inférieures à celles du modèle de l'Appendice VI, et l'on a décidé en conséquence d'utiliser pour le calcul de la limite du taux de rejet le modèle prévoyant la concentration la plus forte pour chaque nucléide.

Il faut préciser que l'Agence emploie des modèles génériques. Ni les modèles ni les valeurs des paramètres utilisés ne s'appliquent nécessairement à des sites d'immersion déterminés.

● *Concentration dans les sédiments, l'eau et les biota.*

Les deux modèles utilisés comportent des paramètres ayant trait aux interactions entre les sédiments et l'eau. Les modèles antérieurs ne donnaient pas une représentation suffisante des processus géochimiques et l'on avait eu recours, pour les calculs, à des paramètres grossièrement approximatifs. Peu de documents venaient à l'appui des valeurs choisies pour les coefficients de répartition entre sédiments et eau, ou pour les facteurs de concentration dans les sédiments côtiers et les matières biologiques. Un rapport récent de l'AIEA donne une méthode de calcul des facteurs de concentration reposant sur l'abondance des éléments stables, et passe en revue les travaux publiés afin de choisir les facteurs les plus appropriés de concentration des radionucléides dans les matières biologiques marines, si possible d'après des données recueillies sur le terrain.\*\* (Le rapport a été établi avec l'appui de l'AEN. On trouvera plus loin dans le présent article une description des données employées dans le modèle pour examiner la convenance du site).

● *Evaluations de l'environnement.* L'Agence a aussi publié un rapport donnant des directives supplémentaires pour l'établissement d'évaluations relatives à la délivrance d'autorisations spéciales d'immerger des déchets radioactifs non prohibés par l'Annexe I de la Convention.\*\*\* Ce rapport donne le contenu des évaluations établies par les autorités nationales afin de les aider à comparer le rejet en mer à d'autres modes d'élimination du point de vue environnemental, technique, social et économique, et à juger si l'impact d'un rejet en mer proposé est acceptable.

**Les principaux problèmes**

Plusieurs grandes questions ont été abordées lors de la préparation de la révision par l'AIEA de la définition et des recommandations qu'elle fait en vertu de la Convention de Londres:

● *Limites de doses:* On a beaucoup discuté sur la limite de dose à appliquer pour quantifier la définition: serait-elle de cinq ou de un millisievert par an? On a aussi beaucoup discuté pour savoir si la définition devait reposer, dans la pratique, sur une valeur limite supérieure

(c'est-à-dire s'exprimer par une valeur inférieure à cinq ou un millisievert par an). On a convenu que la notion de limite supérieure n'était à sa place que dans les recommandations: en effet, si la définition consiste à indiquer un niveau au delà duquel on ne doit pas immerger, elle n'indique pas ce qu'on peut immerger. (La valeur de un millisievert par an a été choisie comme limite parce qu'elle est conforme aux plus récentes recommandations de la Commission internationale de protection radiologique).

● *Période d'immersion.* La question de la période d'immersion à prendre en compte pour quantifier la définition a été, elle aussi, très débattue. On a fait des calculs pour des périodes de 40 000 et de 1000 ans. On a invoqué la période de 40 000 ans parce qu'elle avait servi de base à des calculs antérieurs.\* On a choisi la période de 1000 ans parce qu'elle correspond mieux au laps de temps pendant lequel on peut supposer que l'emploi de l'énergie nucléaire continuera — le plus récent rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) fait état d'une période de 500 ans. Ce laps de temps est par ailleurs suffisant pour que l'immersion de déchets au rythme donné dans la définition ne neutralise pas, même au bout de quelques centaines d'années, une fraction significative de la capacité que possède l'océan d'assimiler les matières radioactives. Les modèles employés ne sont pas valables pour les périodes plus courtes (100 à 300 ans) proposées comme base de la définition par certains spécialistes.

● *Taux de rejet et concentration.* Les modèles servent à calculer des limites du taux de rejet correspondant à une limite de dose, pour les convertir ensuite en limites de concentration des radionucléides dans les déchets, en supposant que la masse immergée est de  $10^8$  kg par an. Pendant toute la préparation de la révision, on a discuté sur la question de savoir s'il fallait faire figurer dans la définition les limites du taux de rejet et les limites de concentration. Plusieurs suggestions ont été présentées sur la façon de faire figurer les limites de taux de rejet. Comme il est beaucoup plus difficile de démontrer le respect des limites de taux de rejet que celui des limites de concentration, on a convenu que la définition quantitative serait exprimée en limites de concentration. Ces dernières, avec la limite de la masse immergée, fixent le plafond de la quantité totale d'activité qui pourrait être déversée chaque année dans un bassin océanique.

● *Masse moyenne.* La masse moyenne indiquée en 1978 était de 1000 tonnes. Dans la discussion, on a proposé des valeurs plus faibles, allant de celle d'un colis type de déchets à plus de 100 tonnes. On a également proposé des valeurs plus fortes allant de celle d'un envoi type de déchets à immerger en mer (quelques milliers de tonnes) jusqu'à 100 000 tonnes. Compte tenu de la définition qualitative — qui interdit le rejet de tout ce qui est normalement considéré comme déchet de haute activité (combustible irradié et déchets de retraitement du premier cycle) on s'est mis d'accord pour juger qu'il n'y avait pas de raisons convaincantes de modifier la valeur de 1000 tonnes de masse moyenne.

\* Voir *The Oceanographic and Radiological Basis for the Definition of High-Level Wastes Unsuitable for Dumping at Sea*, AIEA, Collection Sécurité n° 66 (1984).

\*\* Voir *Sediment  $K_d$ s and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment*, AIEA, Collection Rapports techniques n° 247 (1985).

\*\*\* *Environmental Assessment Methodologies for the Sea Dumping of Radioactive Wastes*, AIEA, Collection Sécurité n° 65 (1984).

\* INFCIRC/205/Add.1/Rev. 1 (1978).



● *Limite supérieure de la source.* Plusieurs suggestions ont été faites au sujet de l'introduction dans les recommandations d'une limite supérieure de la dose.\* Aucune valeur précise n'a été choisie, avant tout parce qu'il n'y a eu ni discussion ni accord international au sujet des principes à appliquer pour l'établissement ou l'emploi de limites supérieures pour les sources entraînant des doses à la population mondiale. Les sources à envisager sont les rejets habituels des établissements de recherche et des installations du cycle du combustible, notamment les rejets en mer et dans l'atmosphère de radionucléides de longue période universellement disséminés tels que le carbone 14 et l'iode 129. On a jugé qu'il fallait se mettre d'accord sur les principes généraux à appliquer pour la détermination et l'emploi de limites de dose mondiales en général avant d'entreprendre de fixer une limite supérieure mondiale aux rejets en mer.

**CRESP et l'étude de l'AEN**

La récente étude de l'AEN sur l'idonéité des sites a fait de larges emprunts au Programme de recherche coordonnée et de surveillance de l'environnement (CRESP) entrepris en 1981 sous la direction d'un groupe composé de représentants des pays participants et de l'AIEA. Les travaux ont porté sur cinq domaines: établissement de modèles, océanographie physique, géochimie, biologie et surveillance radiologique.

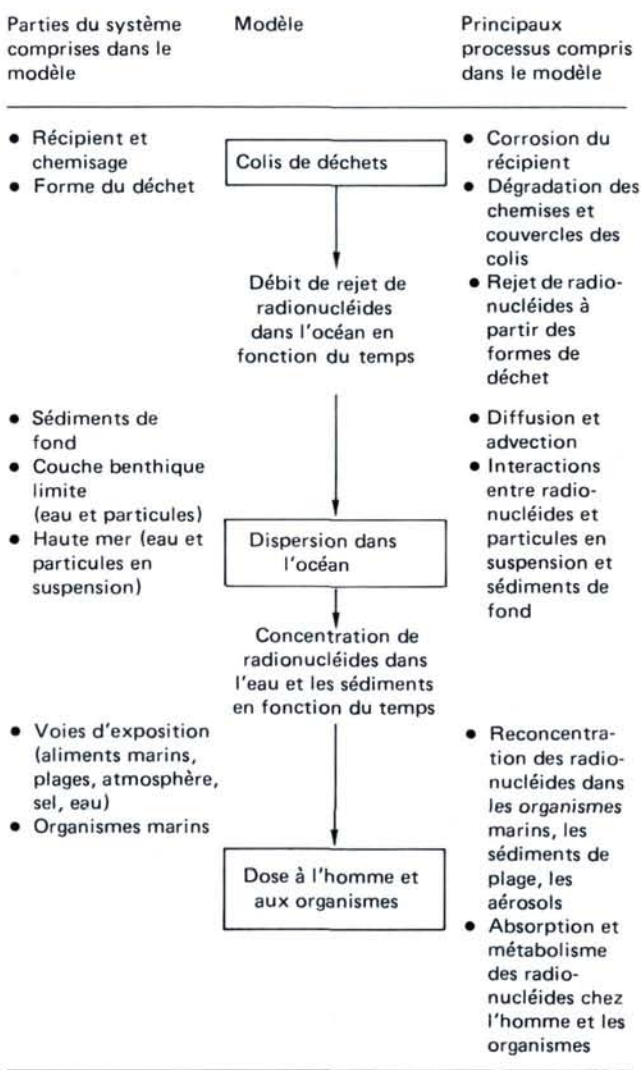
● *Modèles.* Le groupe chargé des modèles avait à élaborer, en fonction des sites, des modèles permettant de calculer la dispersion de la radioactivité à partir du site d'immersion. Plusieurs modèles différents ont été mis au point dans le cadre du CRESP et l'on a étudié la façon d'utiliser ces modèles pour procéder à une évaluation radiologique (voir la figure jointe). Le travail du groupe, notamment en ce qui concerne les processus sédimentaires, a été influencé par le rapport du GESAMP. Plusieurs calculs de repérage ont été faits afin de comparer deux modèles à compartiments à un modèle simple de «moyenne de bassin océanique» extrait du rapport GESAMP. Les calculs ont montré qu'aucun modèle ne donnerait à lui seul des valeurs constamment plus élevées ou plus basses en tout temps et pour tous les radionucléides.

● *Océanographie physique et géochimie.* Les équipes chargées de ces deux disciplines ont été associées en raison de la complémentarité de leurs sujets d'intérêt. Bon nombre de travaux nouveaux ont été publiés par l'AEN.\*\* On a procédé à des mesures dans le site et à travers l'Atlantique-est, et des prélèvements d'eau ont été effectués afin de mesurer la concentration de traceurs

\* La valeur la plus basse proposée a été de 0,01 mSv a<sup>-1</sup> et la plus élevée 0,5 mSv a<sup>-1</sup>. Cette fourchette n'est peut être pas aussi large qu'elle paraît parce que certaines doses ont été proposées comme limite aux immersions à l'échelle mondiale, alors que d'autres avaient trait à un seul site ou à un seul bassin océanique.

\*\* Voir *Interim Oceanographic Description of the Northeast Atlantic Site for the Disposal of Low-Level Radioactive Waste*, Vol.2, OCDE/AEN (1985) et *Review of the Continued Suitability of the Dumping Site for Radioactive Waste in the Northeast Atlantic*, OCDE/AEN (1985).

**Schéma de modèle pour l'évaluation radiologique**

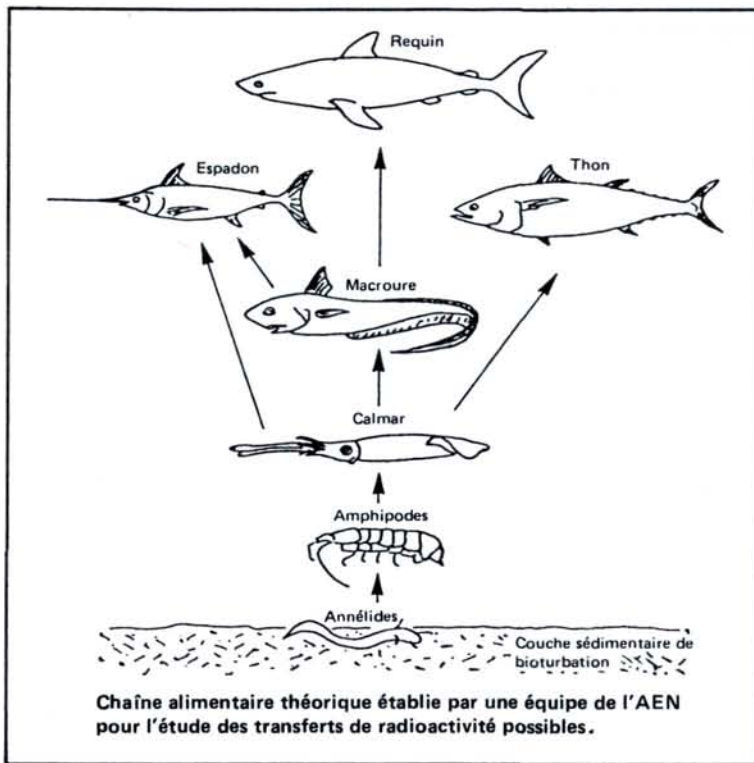


naturels et artificiels et celle des particules dans la couche néphéloïde benthique. On a aussi prélevé des carottes de sédiments afin d'en étudier la composition, les interactions entre particules et eau et les processus de bioturbation.

● *Biologie.* L'équipe de biologie avait pour tâche principale de déterminer les parcours biologiques qui ramènent à l'homme ainsi qu'aux organismes marins. On a beaucoup appris sur la biologie des grands fonds du site et constaté qu'elle n'est pas différente de celle d'autres parties de l'Atlantique-nord. L'étude expérimentale de la colonisation de fûts factices (non radioactifs) et l'examen de fûts récupérés par des navires de recherche n'ont jusqu'à présent pas démontré la présence de radioactivité. L'équipe a aussi envisagé le transfert éventuel de radioactivité le long d'une chaîne alimentaire théorique (voir la figure de la page suivante).

● *Surveillance radiologique.* L'équipe chargée de la surveillance radiologique a recueilli des matières indicatrices, notamment des sédiments et des biota; elle





a participé à des opérations d'étalonnage comparatif entre laboratoires qui analysent des échantillons de faible activité, fourni des statistiques de prise aux pêcheries côtières et étudié la pêche du lépidope noir (avec des prises à des profondeurs atteignant 1500 mètres).

- *Etude des sites.* Les travaux effectués dans le cadre du programme de recherche coordonnée ont permis de perfectionner sensiblement la base de données, de mieux comprendre la dynamique et les transports dans les grands fonds et d'établir des modèles plus complets et mieux adaptés au site pour le calcul des doses aux êtres humains et aux organismes marins. Ces travaux ont fourni une base scientifique à l'étude du site. La conclusion de l'étude est que du point de vue radiologique, le site actuel convient à la continuation, pendant les cinq années à venir, d'immersions non supérieures à dix fois les moyennes de 1978-1982.

### Règles et rôles internationaux

La Convention de Londres de 1972 a établi des règles strictes pour le rejet en mer de tous les types de polluants, qu'ils soient chimiques ou radioactifs, et interdit le rejet de toute une série de substances, dont les déchets hautement radioactifs. Le rejet d'autres substances est admis sous réserve de la délivrance préalable de permis généraux ou spéciaux par les autorités nationales compétentes qui doivent se conformer aux critères et aux conditions stipulés par la Convention. Le rejet de déchets radioactifs non prohibés nécessite un permis spécial.

Les autorités qui délivrent les permis doivent tenir compte des recommandations de l'AIEA que la Convention a chargée de définir les déchets de haute activité jugés impropres à l'immersion en mer, et de rédiger des recommandations sur les conditions dans lesquelles le rejet d'autres déchets radioactifs peut avoir lieu. (La définition et les recommandations ont été rédigées en 1974 et ont fait l'objet de révisions périodiques, dont la plus récente a été adoptée par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA en septembre 1985).

Les recommandations prévoient des évaluations écologiques et environnementales détaillées avant l'immersion et énoncent les conditions du choix des sites de rejet, du conditionnement et de l'emballage des déchets et même des navires. Elles prévoient aussi la direction des opérations à bord par les fonctionnaires qui accompagnent le convoi.

Le Mécanisme de consultation et de surveillance du rejet en mer des déchets radioactifs de l'Organisation de coopération et de développement économiques a été créé en 1977 pour agir dans le sens de la Convention de Londres, mais séparément. Ce mécanisme assure:

- 1) l'établissement de normes, de directives et de recommandations ayant trait aux aspects scientifiques, techniques, environnementaux et opérationnels des immersions en mer; 2) la consultation préalable entre pays participants sur les conditions détaillées proposées par les autorités nationales en vue d'une opération de rejet donnée, afin de vérifier qu'elle est conforme aux règles établies; 3) la surveillance internationale des opérations de rejet par des représentants nommés à cet effet par l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), qui s'acquittent de leurs fonctions en coopération avec le fonctionnaire convoyeur national; 4) l'examen international de l'exécution des opérations et la recommandation de perfectionnements le cas échéant.

Depuis quelques années, les pays parties à la Convention de Londres ont adopté des résolutions non exécutoires demandant la suspension du rejet en mer des déchets radioactifs dans l'attente du résultat de nouvelles études scientifiques.

Informations extraites du *bulletin de l'AEN* (automne 1985).

