

Projet international d'évaluation pour les mers arctiques: état d'avancement des travaux

Assisté par l'AIEA, un groupe d'experts étudie le problème des déchets radioactifs immergés dans les mers de Barents et de Kara

par
**Kirsti-Liisa
Sjoebloom
et Gordon
Linsley**

En 1992, la nouvelle que pendant plus de trois décennies l'ex-Union soviétique avait immergé d'importantes quantités de déchets fortement radioactifs dans les eaux peu profondes des mers arctiques a beaucoup inquiété, notamment les pays du littoral arctique.

C'est pourquoi l'AIEA a proposé une expertise internationale visant à déterminer les risques que présente l'immersion de déchets radioactifs pour la santé humaine et l'environnement. Cette proposition a reçu le soutien des parties à la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières (Convention de Londres de 1972). Dénommée Projet international d'évaluation pour les mers arctiques (IASAP), l'étude a été décidée lors d'une réunion organisée à Oslo, en février 1993, par les Gouvernements norvégien et russe.

Cet article fait un bref historique des immersions de déchets dans les mers arctiques et décrit les travaux effectués dans le cadre de l'IASAP.

Le contrôle international de l'immersion des déchets

C'est en 1946 que l'on mentionne pour la première fois l'immersion de déchets radioactifs dans la mer, sur un site du nord-est de l'océan Pacifique, à environ 80 km des côtes de Californie. Dans les années suivantes, à mesure que cette pratique se répandait, la nécessité de la réglementer s'est imposée: une convention, décidée en 1972, est entrée en vigueur en 1975. (D'abord connue sous le nom de Convention de Londres sur l'immersion des déchets, elle vient d'être rebaptisée Convention de Londres de 1972.) Elle est reconnue comme le principal dispositif international de contrôle de l'immersion de déchets dans la mer.

Mme Sjoebloom et M. Linsley sont des cadres de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets à l'AIEA. Pour tous renseignements complémentaires sur la question, s'adresser aux auteurs.

A l'origine, elle interdisait l'immersion de déchets fortement radioactifs et exigeait une autorisation spéciale pour immerger les déchets faiblement radioactifs. L'AIEA a été chargée de définir les déchets hautement radioactifs impropres à l'immersion et de formuler des recommandations concernant les sites d'immersion, le conditionnement, etc., pour les déchets de faible activité. Trois documents ont été produits pour répondre à cette demande*.

Comme un certain nombre de parties à la Convention se sont montrées préoccupées par les risques éventuels pour la santé humaine et l'environnement qu'implique l'élimination des déchets radioactifs, un moratoire volontaire sur l'immersion de ces déchets a été adopté en 1983 dans l'attente d'un examen global de la question. L'AIEA a apporté son soutien technique à ce travail. En 1993, les parties à la Convention ont décidé d'interdire l'immersion de tout type de déchets radioactifs dans la mer, en précisant que cette décision ne se fondait pas sur des considérations scientifiques et techniques, mais plutôt sur des critères moraux, sociaux et politiques.

L'immersion de déchets par l'ex-Union soviétique

Des informations sur les pratiques d'immersion de déchets par l'ex-Union soviétique ont été rendues publiques pour la première fois par Ecologie nouvelle, organisme russe non gouvernemental.

En tant qu'observateur, l'Association Greenpeace a soulevé la question auprès des parties à la Convention en 1991, puis de nouveau en 1992, de sorte que celles-ci ont prié la Fédération de Russie de présenter une information complète à ce sujet. Pendant cette période, l'AIEA a étudié un projet d'évaluation des conséquences de l'immersion de déchets

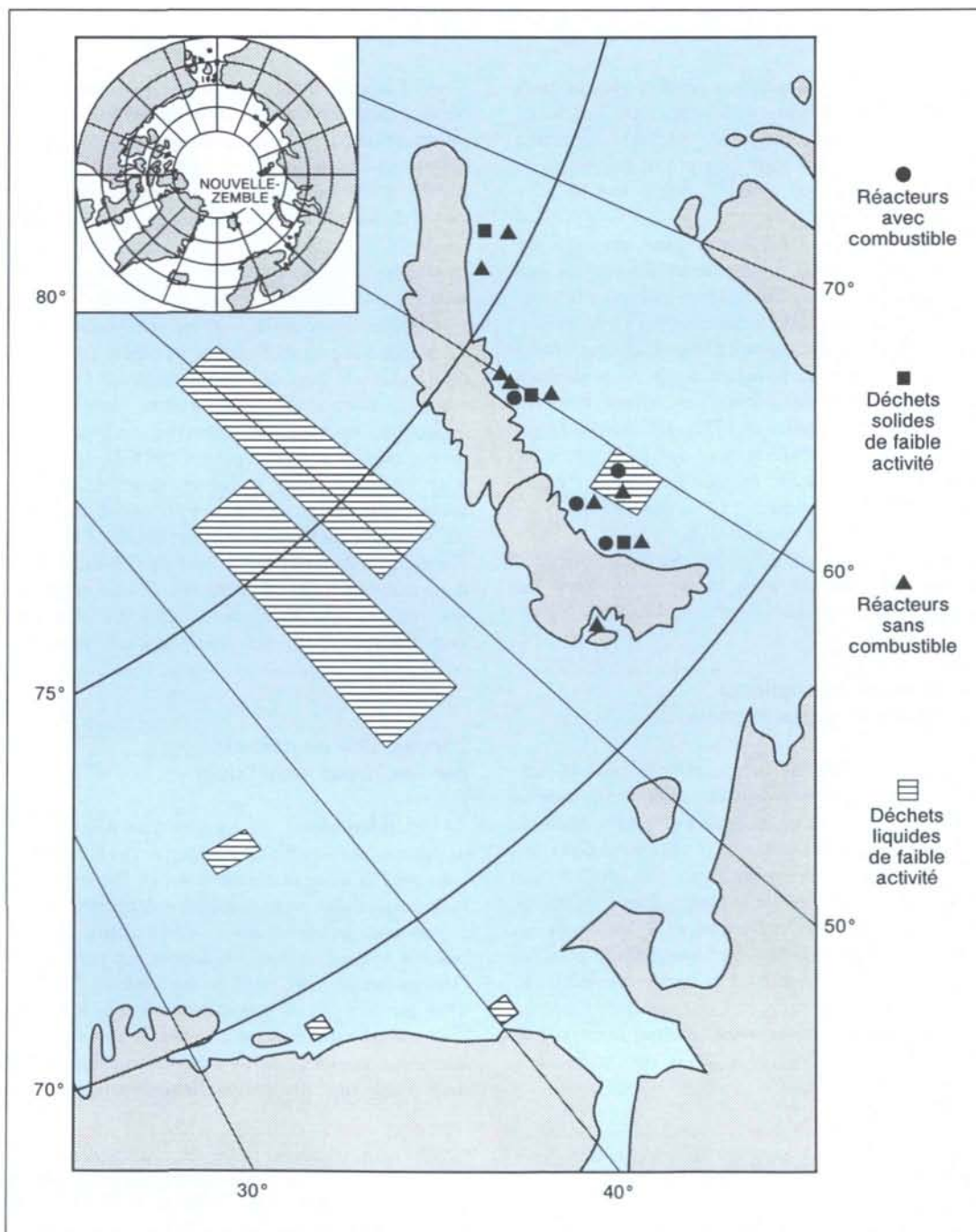
* Pour plus de détails sur l'élimination des déchets radioactifs et sur la Convention de Londres de 1972, voir les articles du *Bulletin de l'AIEA*, volumes 34 n° 3 (1992) et 36 n° 2 (1994).

radioactifs sur la santé humaine et l'environnement, par la suite adopté par les parties contractantes, auxquelles l'AIEA a été chargée de présenter les résultats de cette évaluation.

En mai 1993, la Fédération de Russie a communiqué à l'AIEA des informations sur les déchets de haute et faible activité immergés dans les mers arctiques au cours de la période 1959-1992. L'activité totale des rejets signalés était supérieure à 90 PBq (90×10^{15} Bq ou $2,4 \times 10^6$ Ci). Les articles immergés comprenaient six réacteurs de sous-marins nucléaires et l'enceinte blindée d'un réacteur

de brise-glace contenant du combustible irradié (85 PBq); dix réacteurs sans combustible (3,7 PBq); des déchets liquides faiblement radioactifs, et des déchets solides de moyenne et faible activité (0,9 et 0,6 PBq, respectivement). Les déchets solides, sous emballage ou non, ainsi que les réacteurs ont été immergés dans la mer de Kara, dans les eaux peu profondes des baies de Nouvelle-Zemble. La profondeur d'immersion y est de 12 à 135 m, et atteint 300 m dans la fosse de Nouvelle-Zemble. Les déchets liquides de faible activité ont été déversés au large dans les mers de Barents et de Kara.

Evacuation de déchets radioactifs dans les mers arctiques par l'ex-Union soviétique et la Russie



Contexte de l'immersion de déchets dans l'Arctique

Jusqu'à l'amendement de 1993, la Convention de Londres interdisait le rejet dans la mer des déchets fortement radioactifs, tout en autorisant, sous certaines conditions, l'immersion d'autres types de déchets radioactifs. Pour l'essentiel, les matières rejetées dans la mer de Kara sont des déchets fortement radioactifs. Toutefois, la plupart du combustible irradié a été immergé dans les années qui ont précédé la Convention de Londres (1972), et avant que l'ex-Union soviétique ne devienne partie à cette convention (1976). Le rejet de déchets radioactifs dans les mers arctiques s'est poursuivi jusqu'en 1991.

Le numéro 78 de la Collection Sécurité de l'AIEA (publié en 1986) précise les sites et profondeurs d'immersion de déchets de faible activité autorisés, après évaluation de l'environnement et notification au secrétariat de la Convention. Il apparaît que les lieux d'immersion de l'Arctique ne répondent pas à ces conditions, notamment parce qu'un grand nombre d'entre eux se trouve dans des eaux très peu profondes. Il convient ici de rappeler qu'avant l'entrée en vigueur de la Convention de Londres d'autres pays avaient déjà immergé des déchets radioactifs dans des eaux côtières peu profondes.

En 1992, un groupe d'experts norvégiens et russes a été constitué pour étudier la contamination

radioactive due aux déchets nucléaires immergés dans les mers de Barents et de Kara. Des missions d'exploration des zones d'immersion ont été organisées en 1992, 1993 et 1994, avec la participation d'un expert du Laboratoire de l'environnement marin (LEM) de l'AIEA. Les quatre sites d'immersion de réacteurs contenant du combustible nucléaire ont été explorés par le groupe d'experts, mais seuls quelques-uns des éléments immergés ont pu être localisés. Le groupe a prélevé des échantillons de l'environnement, fait des mesures et utilisé un sonar à balayage latéral et une caméra vidéo afin d'identifier et d'examiner les déchets. Les résultats obtenus n'ont révélé aucune contamination radioactive significative des sites, à l'exception d'un léger gain de radioactivité à proximité de certains objets immergés.

S'il semble n'y avoir aucun impact régional ou mondial manifeste à l'heure actuelle, la détérioration progressive du confinement des déchets pourrait entraîner à l'avenir des conséquences telles que la contamination de la chaîne alimentaire marine, elle-même susceptible de toucher l'espèce humaine par l'intermédiaire du poisson et autres produits de la mer. Etant donné que les déchets reposent dans des zones très peu profondes, d'autres risques de radioexposition ne sont pas exclus au cas où les conteneurs seraient déplacés ou transportés en raison de phénomènes naturels (action des glaces ou des tempêtes) ou d'activités humaines délibérées. Par ailleurs, les temps à considérer étant très longs

Immersion de réacteurs nucléaires près de la Nouvelle-Zemble

Site	Date d'immersion	Profondeur d'immersion (m)	Numéros de référence	Unités immergées	Nombre de réacteurs		Activité totale (PBq)		
					Sans combustible épuisé	Avec combustible épuisé	Chiffres initiaux	Etudes ultérieures	
							Au moment de l'immersion	Au moment de l'immersion	1993/94
Fjord Abrosimov	1965	20 (10-15)	285	Compartiment de réacteur	1	1	29,6	11,6	0,655
		20 (10-15)	901	Compartiment de réacteur	—	2	14,8	2,95	0,727
	1966	20	254	Compartiment de réacteur	2	—	*	0,093	0,009
		20	260	Compartiment de réacteur	2	—	*	0,044	0,005
Fjord Tsvolki	1967	50	OK-150	Compartiment de réacteur et conteneur de combustible	3	0,6	*	19,5	2,2
Fosse de Nouvelle-Zemble (est)	1972	300	421	Réacteur	—	1	29,6	1,05	0,293
Fjord Stepovovo	1981	50 (30)	601	Sous-marin	—	2	7,4	1,72	0,838
Fjord Techeniye	1988	35-40	538	Réacteurs	2	—	*	0,006	0,005
Total					10	6,6	89	37	4,7

Notes: Les chiffres initiaux concernant l'activité totale des déchets ont été fournis à l'AIEA en mai 1993 par la Fédération de Russie; ils ont été révisés à l'issue des études ultérieures faites dans le cadre de l'IASAP. Les profondeurs d'immersion ont été indiquées en mai 1993 par la Fédération de Russie; les chiffres entre parenthèses résultent des travaux des experts norvégiens et russes lors des croisières de 1993 et 1994.

* Réacteurs sans combustible irradié, ne dépassant pas 3,7 PBq au total.

(plusieurs dizaines de milliers d'années), il convient de prendre en compte l'impact possible de changements climatiques et, pour répondre à ces préoccupations, de bien connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, présentes et à venir tant du milieu que des déchets.

Des études préliminaires ont montré que, même dans les pires conditions de libération de radionucléides, les déchets ne provoqueraient pas d'impact radiologique majeur. Toutefois, une information beaucoup plus complète que celle disponible en 1992 s'avère nécessaire pour évaluer les risques éventuels au niveau local et régional. Le projet IASAP a été lancé pour répondre à ces questions parmi d'autres.

Objectifs et mise en œuvre de l'IASAP

Les objectifs du projet tiennent compte des requêtes des parties à la Convention de Londres; ce sont les suivants:

- Evaluer les risques pour la santé humaine et l'environnement associés aux déchets radioactifs immergés dans les mers de Barents et de Kara;
- Examiner les mesures correctives possibles relatives aux déchets immergés et indiquer si elles sont nécessaires et justifiées.

Les résultats et conclusions seront présentés aux parties à la Convention de Londres en 1996. Le projet est divisé en cinq parties: termes sources; concentrations actuelles dans l'environnement; mécanismes et modèles de transfert; évaluation de l'impact; mesures correctives.

Il est exécuté selon les procédures habituelles de l'AIEA: réunions de groupes consultatifs et de consultants, programme de recherche coordonnée et contrats de recherche et de services techniques.

Déroulement des activités

Tous les ans, un groupe de scientifiques de haut niveau examine l'avancement des travaux dans les différents domaines d'activité du projet.

Terme source. L'objectif est de déterminer les informations requises pour calculer l'impact des déchets. Pour ce faire, il faut savoir sous quelle forme se présentent les déchets et quel pourrait être leur comportement dans le milieu marin. Le groupe a concentré ses efforts sur les réacteurs contenant du combustible irradié, qui représentent le risque potentiel majeur. Une étape ultérieure sera consacrée aux déchets de faible et moyenne activité, sous emballage ou non.

Les communications officielles de la Fédération de Russie de mai 1993 ne précisaient pas le contenu des déchets en radionucléides ni les caractéristiques du combustible présent dans les différents types de réacteurs. Pour obtenir plus de détails, il a fallu consulter les archives de l'ex-Union soviétique et

reconstituer l'histoire du combustible avant l'immersion du réacteur.

En janvier 1994, la Fédération de Russie a d'abord fourni un relevé détaillé de la composition en radionucléides ainsi que des renseignements sur la structure de l'enceinte du réacteur du brise-glace *Lénine* (OK-150 sur le tableau, page 27). Plus tard, en juillet 1994, les autorités russes ont révélé des données essentielles sur la structure, l'histoire et les caractéristiques du combustible contenu dans les réacteurs de sous-marin. De ce fait, l'IASAP a pu disposer de l'information correspondante sur les radionucléides des réacteurs refroidis au plomb-bismuth (n° 601 sur le tableau) ou à l'eau (nos 254, 260, 285, 421, 538 et 901 sur le tableau).

L'activité totale des réacteurs immergés (avec ou sans combustible) au moment de l'immersion est aujourd'hui estimée à environ 37 PBq, alors que la première estimation fournie par la Fédération de Russie en mai 1993 était de 89 PBq. La différence s'explique par le fait que la plupart des réacteurs concernés ont connu un accident après une très courte période d'exploitation, ce qui n'avait pas été pris en compte lors des premières estimations. En raison de la décroissance radioactive, l'activité totale des réacteurs immergés se situe à l'heure actuelle autour de 4,7 PBq.

Pour évaluer l'impact de ces immersions, il faut aussi savoir quelles barrières protectrices ont été prévues sur les réacteurs immergés, soit lors de leur construction, soit avant leur immersion. Cette information a été obtenue de différents établissements russes.

On sait que le combustible de dix des réacteurs avait été retiré préalablement à leur immersion. Les réacteurs immergés avec du combustible irradié (six) avaient eu, avant leur immersion, un accident ayant endommagé le combustible. L'immersion s'est faite selon quatre procédures principales: 1) la plupart des réacteurs ont été immergés dans leur compartiment, remplis d'un polymère spécial, le furfural; 2) certains ont été extraits de leur compartiment et remplis de furfural avant l'immersion; 3) en ce qui concerne les réacteurs refroidis au plomb-bismuth, le compartiment du réacteur a été rempli de furfural et de bitume et l'ensemble du sous-marin a été immergé (n° 601 sur le tableau); dans ce cas, le fluide de refroidissement solidifié forme une protection supplémentaire; 4) la partie immergée du brise-glace *Lénine* comprend un compartiment contenant trois cuves de réacteurs vidées de leur combustible et remplies de furfural. Plus de la moitié du combustible d'un des réacteurs a été immergé dans un caisson en béton doublé de métal intérieurement et également rempli de furfural.

D'après l'analyse des points faibles des barrières protectrices, le groupe de travail sur le terme source a défini plusieurs modes temporels et taux possibles de libération des radionucléides.

Des recherches ultérieures devraient apporter des précisions à ce sujet. Il serait utile de connaître aussi

les propriétés physiques et chimiques du furfural et sa résistance à l'irradiation, à la chaleur et à la salinité. En 1995, les Russes et les Américains, en collaboration avec l'IASAP, ont entrepris une étude à cette fin.

Les résultats des croisières russo-norvégiennes — par exemple les vues de réacteurs immergés prises à l'aide de caméras sous-marines, les mesures radiométriques *in situ*, ainsi que les échantillons de sédiments prélevés pour analyse — sont essentiels pour l'évaluation des taux potentiels de libération de radionucléides. Les cassettes vidéo rapportées de ces missions d'exploration seront examinées avec soin et conjointement par des experts norvégiens et russes spécialistes de la conception des réacteurs navals et des sous-marins ainsi que des problèmes de corrosion.

Concentrations dans le milieu. Les informations actuellement recueillies sur les taux de contamination radioactive des zones visées et d'autres régions des mers arctiques seront intégrées dans la base de données sur la radioactivité marine mondiale (GLOMARD) du LEM conçue pour renseigner sur les niveaux de radioactivité de l'eau de mer, des sédiments et du biote marin, et permettre d'évaluer les concentrations relatives de nucléides, d'identifier les différents apports de radioactivité à la région, de déterminer les facteurs temporels et de calculer les quantités en présence. Toutes les données disponibles concernant les radionucléides dans les mers arctiques ont été intégrées dans la base de données. Le premier rapport d'évaluation préliminaire des radionucléides sera publié cette année.

Mécanismes et modèles de transfert. Dans le cadre de l'IASAP, des laboratoires du Danemark, de la Fédération de Russie, du Japon, des Pays-Bas, du Royaume-Uni et de Suisse, ainsi que le LEM, participent à un programme de recherche coordonnée (PRC) sur la modélisation de l'impact radiolo-

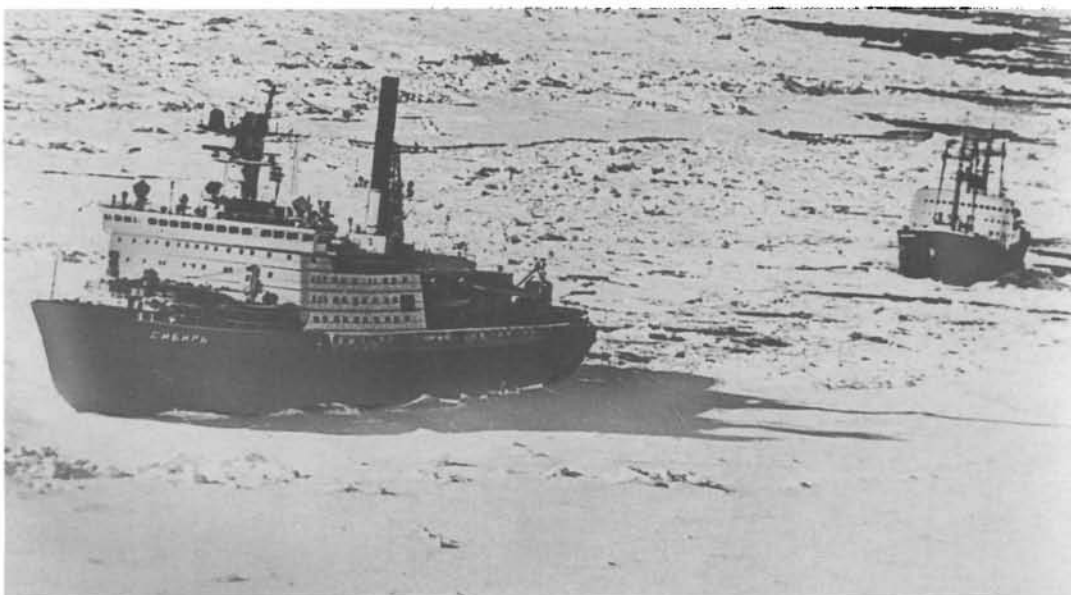
gique de l'immersion de déchets radioactifs dans les mers arctiques, qui vise à établir des modèles réalistes et fiables et à coordonner les travaux des différents laboratoires dans ce domaine. Le résultat final servira de fondement à l'évaluation aux fins de la Convention de Londres.

L'approche de l'évaluation de la modélisation finale est progressive. Les groupes de modélisation participant aux travaux ont commencé par analyser différents types de scénarios basés sur des dégagements unitaires fictifs de radioactivité dans un environnement simplifié. Lors de la première réunion du PRC, des données océanographiques et sédimentologiques plus précises concernant les mers de Barents et de Kara ont été fournies par différents instituts russes à l'IASAP pour compléter les scénarios types d'origine. A la deuxième réunion, les prises de poissons et de mammifères marins provenant des mers visées ainsi que des informations relatives à la migration des poissons ont été incorporées au scénario.

Par ailleurs, chaque groupe de modélisation participant au PRC développe et améliore ses modèles à l'aide de l'information sur l'environnement fournie progressivement par les travaux sur les mers étudiées. A la prochaine étape, les taux de libération basés sur les résultats obtenus par le groupe de travail sur le terme source seront inclus dans le scénario.

Aux réunions du PRC, les prévisions des différents groupes de modélisation pour chaque scénario type (concentration de radionucléides spécifiques dans l'eau et les sédiments de certaines zones) sont comparées en vue d'évaluer la sensibilité des résultats obtenus aux différentes hypothèses retenues pour la modélisation et le transfert.

Evaluation de l'impact. En 1995 et 1996, des calculs de l'impact seront effectués sur la base des zones de concentration prévues par le groupe de modélisation en tenant compte des facteurs de



Parmi les déchets immergés dans les mers arctiques se trouvent des compartiments de réacteur, dont celui d'un brise-glace nucléaire du type ci-contre.

transfert dans l'environnement et des données démographiques.

Les doses possibles d'irradiation des populations seront estimées pour différentes époques du futur, au niveau local, régional ou mondial. Ces prévisions tiendront compte aussi bien des personnes à régime alimentaire moyen que des gros consommateurs de produits de la mer. Elles comporteront des estimations des doses à la faune locale telle que les mammifères marins.

Les travaux du LEM et d'autres laboratoires commencent à fournir des renseignements sur les facteurs de concentration des radionucléides dans le biote marin et les facteurs de distribution entre l'eau et les sédiments, dans les conditions de l'Arctique. Des mesures radiologiques, physiques et chimiques effectuées sur des échantillons prélevés dans la zone arctique sont en cours d'analyse et de classement et une littérature pertinente est passée en revue. En ce qui concerne les nucléides et les espèces biologiques pour lesquels les données locales sont insuffisantes, il faut envisager la possibilité d'appliquer les facteurs de concentration et de distribution correspondant à des latitudes moyennes. Un groupe d'experts doit faire une évaluation des différentes sources d'information vers la fin de 1995.

Mesures correctives. Les parties à la Convention de Londres ont prié l'Agence d'étudier les mesures correctives qui pourraient être prises, et notamment leur faisabilité. Un groupe d'experts s'est réuni à cette fin, au début de 1995. Bien qu'à ce stade il ne s'agisse que de travaux préliminaires, les conclusions générales sont les suivantes:

- Les éléments contenant du combustible irradié doivent faire l'objet de mesures prioritaires;
- Des techniques parfaitement au point telles que l'encapsulation ou l'enfouissement dans les fonds marins peuvent être appliquées *in situ*;
- Pour le transport éventuel des déchets immergés, la voie sous-marine est une option à retenir.

Cette question sera de nouveau évoquée dans le cadre des réunions prévues en 1995 et une attention particulière sera accordée à l'impact radiologique des différentes mesures correctives possibles; cela dit, l'option consistant à laisser les déchets dans l'état actuel reste ouverte, mais toute décision de remédier à la situation doit être fondée, au moins partiellement, sur la conclusion que les risques radiologiques futurs provenant de déchets immergés seraient inacceptables.

Coordination de l'action mondiale

L'une des idées de base qui ont présidé au lancement du projet IASAP était de créer une structure internationale de coordination des travaux. A cet égard, la coopération du groupe d'experts norvégiens et russes s'est avérée essentielle; un groupe restreint de coordination comprenant un Norvégien, un Russe et un représentant de l'AIEA s'est réuni trois fois.

L'échange d'informations continue entre l'IASAP et d'autres groupes travaillant sur la contamination radioactive de l'Arctique, notamment avec le programme américain d'évaluation des déchets nucléaires dans l'Arctique.

Il a également été convenu que les résultats du projet IASAP seront communiqués au Programme de surveillance et d'évaluation pour les mers arctiques. Celui-ci, inclus dans la stratégie de protection de l'environnement adoptée par les ministres de huit pays de la région, aux termes de leur déclaration de 1991, réexamine l'impact de tous les types de pollution dans ces mers.

Pour plus ample information sur les travaux des scientifiques du LEM de l'AIEA dans le cadre du projet IASAP, voir l'article ci-après.