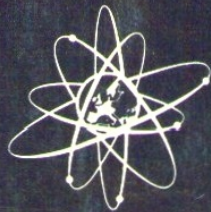


OPÉRATION D'ÉVACUATION
DE DÉCHETS RADIOACTIFS
DANS
L'OCÉAN ATLANTIQUE
1967



AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION
ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES
SEPTEMBRE 1968

Document rendu
public par
l'Observatoire
du nucléaire
17 juillet 2025

<https://www.observatoire-du-nucleaire.org>

L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques a été instituée par une Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, par les Membres de l'Organisation Européenne de Coopération Economique, ainsi que par le Canada et les Etats-Unis. Aux termes de cette Convention, l'OCDE a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion possible de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire, conformément aux obligations internationales.

La personnalité juridique que possédait l'Organisation Européenne de Coopération Economique se continue dans l'OCDE, dont la création a pris effet le 30 septembre 1961.

Les Membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les Etats-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie.

L'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire (ENEA) a été créée en décembre 1957 et fonctionne dans le cadre de l'OCDE. Elle est chargée de promouvoir la coopération entre les pays d'Europe occidentale dans le domaine des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. L'ENEA groupe les 18 pays européens qui sont Membres de l'OCDE. En outre, les Etats-Unis, le Canada et le Japon sont associés à l'Agence et l'Euratom participe également à ses travaux.

L'ENEA a principalement pour objet :

a) de créer des entreprises communes et de veiller à leur fonctionnement ; trois entreprises ont déjà été constituées : la Société Eurochemic pour le traitement chimique des combustibles irradiés à Mol (Belgique) ; le projet de Halden (Norvège) pour l'exécution de recherches avec un réacteur à eau lourde bouillante ; le projet « Dragon » pour la construction et l'exploitation à Winfrith (Royaume-Uni) d'un réacteur expérimental à haute température refroidi par gaz ; en outre, l'ENEA participe au projet de Seibersdorf (Autriche) sur l'irradiation des denrées alimentaires ;

b) de promouvoir la coopération scientifique et technique entre les pays participants, par des échanges d'informations ainsi que par la collection et la diffusion de données scientifiques dans le domaine de l'énergie nucléaire. Cette coopération s'accomplit dans le cadre de comités spécialisés (groupes d'experts gouvernementaux pour la promotion et le développement de certains types de réacteurs, comités sur les constantes nucléaires, la physique et la sécurité des réacteurs, etc.) ainsi que de services communs, tels que la Bibliothèque de programmes de calcul relatifs à l'énergie nucléaire (Ispra), le Centre de compilation de données neutroniques (Saclay) et le Centre d'information sur les générateurs isotopiques (Saclay) ;

c) d'harmoniser les législations des pays participants dans le domaine de l'énergie nucléaire en ce qui concerne, notamment, la responsabilité civile et l'assurance, la protection de la santé et la sécurité. Cette harmonisation se réalise grâce à des conventions internationales ou des recommandations aux gouvernements, complétées par des réunions d'experts qui suivent les interprétations et les mesures d'application, sur le plan national, des règles internationales. Ces mesures sont préparées par une information permanente sur l'état et l'évolution du droit nucléaire des différents pays ;

d) d'examiner les programmes nationaux et d'étudier les aspects économiques de l'énergie nucléaire ainsi que sa place dans l'équilibre énergétique de l'Europe occidentale, notamment pour évaluer les ressources et les besoins à long terme en matières premières nucléaires.

L'ENEA coopère étroitement avec l'Agence Internationale de l'Energie Atomique dans le cadre d'un Accord conclu entre les deux agences et travaille en liaison avec les autres organisations internationales compétentes.

TABLE DES MATIERES

	Page
AVANT-PROPOS	5
I - LE PROBLEME DE L'EVACUATION DES DECHETS RADIO-ACTIFS SOLIDES ET LES CRITERES GENERAUX QUI EN DETERMINENT LA SOLUTION	7
Origine et différents types de déchets radioactifs solides	7
Gestion des déchets	7
Evacuation dans le sol	9
Evacuation dans la mer	10
II - HISTORIQUE DE L'OPERATION D'EVACUATION DE DECHETS RADIOACTIFS DANS L'ATLANTIQUE	11
Evaluation des risques	11
Conditions opérationnelles requises : choix de la zone de rejet	12
Séminaire sur l'Evaluation des Risques	12
III - VERIFICATION DES CONTENEURS	15
Informations relatives aux emballages destinés au rejet	15
Conditions particulières	15
Examen des caractéristiques	17
IV - L'OPERATION DE REJET ET SA GESTION	21
Plan d'ensemble	21
Affrètement du navire	22
- Rôle de l'agent maritime	22
- Critères pour le choix du navire	23
Préparatifs au niveau national	24
- Royaume-Uni	26
- Allemagne	28
- Pays-Bas	29
- Belgique	30
- France	30

Phase internationale	32
- Modalités d'exécution de l'opération	32
(a) Rôle de l'agent maritime	33
(b) Rôle des responsables à bord	33
- Description de l'opération	34
(a) Premier voyage	34
(i) Chargement	35
(ii) Opérations de rejet	38
(iii) Observations générales	41
(b) Voyages suivants	42
(i) Chargement	42
(ii) Opérations de rejet	45
(iii) Calendrier des opérations	52
(c) Contrôle des radiations à bord	53
V - COUTS DE L'OPERATION	55
VI - CONCLUSIONS	59
VII - REMERCIEMENTS	61
ANNEXES	
I - Evaluation des risques	62
II - Conditions générales que doivent remplir les navires effectuant l'évacuation des déchets radioactifs en mer	69
III - Rôle des responsables à bord pour les opérations de rejet en mer	71
IV - Contrôle des radiations sur le navire après le chargement de la première cargaison internationale	74
V - Contrôle des radiations sur le navire après le chargement de la première cargaison de fûts de boues	75
VI - Photocopie du certificat de décontamination du navire	76

AVANT-PROPOS

Le développement et l'utilisation de plus en plus fréquente de l'énergie nucléaire en tant que source d'électricité, ainsi que les usages multiples des radio-isotopes dans la recherche, l'industrie et la médecine, sont inévitablement liés à la production de quantités croissantes de déchets radioactifs. La manipulation, le traitement et l'évacuation finale de ces déchets soulèvent des problèmes spécifiques, particulièrement difficiles à résoudre lorsque l'on se trouve en présence de quantités importantes de déchets solides d'activité relativement basse, provenant des programmes de recherche et de développement ainsi que du retraitement des combustibles nucléaires. La recherche de méthodes de traitement et d'évacuation des déchets à la fois sûres et économiques est, par conséquent, d'une importance primordiale pour les pays qui ont des programmes nucléaires en cours.

Pour quelques types de déchets solides, une solution appropriée consiste à les évacuer, dans des conditions soigneusement contrôlées, dans des zones choisies en haute mer. Toutefois, ce genre d'opération soulève un certain nombre de problèmes d'ordre politique et administratif sur le plan international, ainsi que des problèmes scientifiques et technologiques et des problèmes d'économie. C'est en vue de traiter ces problèmes et d'établir, sur une base internationale, les modalités requises pour le contrôle pratique du rejet en mer des déchets solides emballés, qu'une opération expérimentale internationale a été réalisée au cours de l'été 1967, sous l'égide de l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire (ENEA). Cinq pays membres de l'ENEA ont pris part à cet exercice, au cours duquel quelque 11 000 tonnes de déchets solides, d'une activité totale voisine de 8 000 curies, ont été rejetées à une profondeur de 5 000 mètres dans l'océan Atlantique oriental. Ce rapport contient une description des préparatifs de l'opération et de son exécution.

I. LE PROBLEME DE L'EVACUATION DES DECHETS RADIOACTIFS ET LES CRITERES GENERAUX QUI EN DETERMINENT LA SOLUTION

ORIGINE ET DIFFERENTS TYPES DE DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES

Tout matériau destiné au rebut, qui, au cours de processus nucléaires a, d'une manière ou d'une autre, été contaminé, même légèrement, doit être traité comme étant radioactif et, par conséquent, requiert des méthodes de manipulation et d'évacuation très prudentes. Pour cette raison, la presque totalité des matériaux de structure et des appareils et équipements utilisés dans un centre nucléaire sont susceptibles de devenir, par la suite, des déchets radioactifs.

Les centres nucléaires produisent, par exemple, tout un ensemble de déchets divers, tels que des verres brisés, des filtres usés, des matériaux de construction, des tuyauteries et des boîtes à gants démantelées, des matériaux et équipements utilisés au cours d'expériences, des matériaux combustibles, comme le papier et le bois, ainsi que des objets en tissu et en matière plastique. De même, l'utilisation croissante de radio-isotopes dans l'industrie et en médecine, à des fins de diagnostic et de thérapeutique, a pour conséquence une production toujours plus grande de déchets qui, si peu contaminés qu'ils soient, si toutefois ils le sont, doivent être considérés comme radioactifs en vue de leur évacuation. On trouve des déchets solides d'un type tout à fait différent dans les centres où les effluents radioactifs liquides sont retraités par des procédés chimiques avant que l'on ne procède à leur évacuation. Des boues diverses, plus ou moins radioactives, sont produites au cours de ce traitement, ainsi que des résines usées provenant de traitements par échanges d'ions.

Ces déchets, ainsi que d'autres types, sont produits en très grandes quantités dans de nombreux pays. Leur traitement et leur évacuation constituent un problème pour le développement de l'énergie nucléaire. Ce problème est résolu par l'application de normes de sécurité d'une rigueur qui n'a jamais été égalée dans la surveillance du développement industriel, ce qui est commun, dans le domaine nucléaire, à tous les autres problèmes pratiques où interviennent la santé et la sécurité des travailleurs et du public en général.

GESTION DES DECHETS

Le problème principal dans la gestion des déchets est de décider quelle partie de ces déchets liquides ou solides pourra être évacuée immédiatement (dans des conditions convenablement contrôlées) dans le milieu ambiant et, également, quelle partie devra d'abord être traitée ou stockée. Il est donc important d'effectuer un tri des différents types de déchets en fonction de leur aptitude pour des traitements ultérieurs, du niveau d'activité qu'ils contiennent et autres critères similaires qui, en fait, détermineront les méthodes de

traitement et d'évacuation à adopter. La santé et la sécurité du personnel chargé de ces opérations et des membres du public en général doivent primer toute autre considération ; ceci est assuré par l'application rigoureuse de normes établies à partir des recommandations de la Commission internationale de protection contre les radiations (ICRP). Les facteurs économiques n'entrent en jeu que lorsqu'il s'agit de choisir entre différentes solutions qui, toutes, remplissent les conditions requises sur le plan de la santé et de la sécurité.

L'application correcte des techniques de contrôle individuel, qui sont d'un emploi courant dans l'industrie nucléaire, garantit parfaitement la santé et la sécurité du personnel participant aux opérations. La protection du public dans son ensemble est nécessaire, à la fois pendant le transport des déchets vers leur lieu d'évacuation et, également, après cette évacuation. En ce qui concerne le transport, le mode d'emballage et les normes internationales qui ont été mises au point pour réglementer les mouvements de matériaux radioactifs fournissent des garanties convenables ; mais, pour assurer cette protection avant et après le rejet, il faut procéder avec soin à une évaluation des différentes voies par lesquelles le public peut être exposé aux matériaux radioactifs. Il convient alors de fournir des garanties suffisantes. Très souvent, de nombreuses données existent ; mais lorsque ce n'est pas le cas, des études détaillées du site d'évacuation et de ses environs doivent être entreprises.

Lorsque l'on examine, dans le cadre d'une évacuation de déchets radioactifs, les considérations se rapportant à la santé du public, il est évidemment tout aussi important d'envisager l'avenir que le présent. Les nuclides radioactifs ont pour caractéristique d'avoir une activité qui décroît selon un rythme uniforme : le temps mis pour parvenir à une valeur égale à la moitié de la valeur initiale de l'activité est connu sous le nom de "période". Cette période est différente pour chaque radionucléide et varie de quelques micro-secondes à des dizaines de milliers d'années. Une caractéristique supplémentaire réside dans le fait que la radioactivité peut prendre différentes formes (particules alpha avec un pouvoir pénétrant négligeable et particules bêta et rayons gamma pour lesquels il est en général nécessaire d'envisager un blindage de protection). Il est apparu que pour un mélange type de produits de fission, qui sont pour la plupart des déchets bêta/gamma, il subsiste environ 10 % de la radioactivité initiale après 25 ans et 1 % environ après 70 ans. Par contre, dans le cas des déchets d'activité alpha, le principal constituant est souvent le plutonium, pour lequel le nuclide en cause a une période de 24 000 ans. A des fins pratiques, il est parfois possible de tirer avantage de la décroissance naturelle lorsque l'on établit des programmes d'évacuation pour les déchets bêta/gamma, mais cet avantage est pratiquement négligeable en ce qui concerne les déchets présentant une activité alpha.

Lorsque l'on considère l'avenir, cela signifie que les pratiques d'évacuation courantes ne doivent pas nous amener à léguer des problèmes déraisonnables aux générations futures. La question de savoir pendant combien de générations on peut estimer qu'un contrôle effectif pourra être maintenu à l'égard d'un problème légué par les générations précédentes est matière à opinion ; mais il semble raisonnable de considérer que la responsabilité des dispositions à prendre pour une évacuation définitive et sûre des déchets

couramment produits doit être assumée par la génération pendant laquelle a lieu cette production. Un soi-disant "stockage" des déchets peut signifier en fait que la solution finale de ce problème a été remise à plus tard. Un stockage peut être évidemment requis quand, par exemple, une période délibérée a été choisie pour permettre une décroissance naturelle calculée de la radio-activité, mais on ne doit pas recourir au stockage comme à un moyen qui reviendrait simplement à transmettre aux générations futures les problèmes restés sans solution.

Si l'on tient compte de toutes ces considérations, il apparaît que la solution la plus satisfaisante au problème de l'évacuation des déchets liquides ou solides consiste à les rejeter dans le milieu ambiant selon un procédé dont on aura démontré la sécurité et qui, par conséquent, ne nécessitera aucun contrôle ultérieur. Cependant, la capacité du milieu ambiant relative à la quantité des déchets que l'on peut y évacuer sans danger n'est pas illimitée et, en général, une telle solution ne semble devoir convenir que pour les déchets de basse et moyenne activités. En fait, l'opération décrite dans ce rapport ne concernait que des déchets solides d'activité relativement basse.

EVACUATION DANS LE SOL

Dans la mesure où des précautions sont prises pour limiter la migration de la radioactivité contenue dans les déchets, l'évacuation dans le sol est une solution attrayante au problème de l'évacuation des déchets solides parce qu'elle est habituellement plus économique que l'opération qui consiste à emballer les déchets dans des conteneurs spécialement conçus et à les transporter ensuite jusqu'à un site d'évacuation dans l'océan.

Du point de vue de la santé du public, les meilleures méthodes d'évacuation des déchets radioactifs dans le sol sont celles qui peuvent garantir l'isolement de la radioactivité. Il existe à cet égard un certain nombre de possibilités. L'utilisation de mines abandonnées, de mines de sel par exemple, restées sèches, ou l'enfouissement dans une formation géologique imperméable sont des solutions idéales dont on peut disposer librement dans quelques parties du monde. Dans certains pays d'Europe occidentale, elles peuvent, par contre, être rares au point de devoir être réservées pour l'évacuation de déchets qu'il est particulièrement difficile ou incommode d'évacuer par d'autres moyens. Des sites construits artificiellement et qui permettent l'accès et la récupération éventuelle des déchets constituent une autre possibilité, mais ceux-ci sont coûteux et l'on ne doit avoir recours à cette solution que si elle s'avère nécessaire pour assurer le respect des normes de santé et de sécurité requises.

Ainsi, dans certains pays, la combinaison de facteurs tels que la géographie, la géologie et la distribution de la population, fait que l'évacuation dans le sol peut être très difficile ou coûteuse. Ces pays ont été attirés depuis de nombreuses années par la perspective de mettre à profit la capacité de la mer en tant que milieu d'évacuation de quelques types de déchets radioactifs :

son étendue offre de très larges possibilités, les profondeurs de l'océan permettent l'isolement des matières radioactives, et son énorme volume en assure la dilution. En outre, la radioactivité naturelle des mers est infiniment supérieure à celle qui est contenue dans les quantités de déchets dont on pourrait envisager l'évacuation.

EVACUATION DANS LA MER

La voie choisie pour l'évacuation en mer varie selon les pays et selon la nature des déchets. Certains déchets liquides sont évacués au moyen de canalisations côtières, tandis que d'autres sont acheminés vers la mer par les canaux naturels que constituent les grands fleuves. Quelques déchets solides emballés dans des conteneurs sont, d'autre part, évacués convenablement dans les profondeurs de l'océan, ainsi qu'il est montré dans ce rapport.

On doit évidemment s'assurer, chaque fois, par des études aussi complètes et détaillées que celles qui concernent l'évacuation des déchets dans le sol, que la mer convient pour ce genre d'évacuation. Mais si l'on prend pour base de comparaison les méthodes qui ont été mises au point par les pays les plus avancés sur le plan nucléaire pour le contrôle des rejets dans les eaux côtières et dans les rivières d'effluents liquides d'un niveau d'activité beaucoup plus élevé, il est évident que le rejet de déchets radioactifs solides emballés dans les profondeurs de l'océan, selon les techniques décrites dans ce rapport, ne comporte que des risques négligeables. Si l'activité contenue dans ces déchets solides pouvait être rapidement dispersée, il serait en fait possible de les évacuer sans danger dans des zones marines du plateau continental européen.

Cependant, certains déchets se présentent sous forme de solides qui ne peuvent être dispersés ; ils sont alors rejetés dans des conteneurs hermétiques. Le plus grand risque, dans ce cas, réside dans leur récupération involontaire par des pêcheurs ou d'autres personnes qui, par ignorance de la nature des déchets, pourraient s'exposer à des risques inutiles. Ce risque peut être considéré comme négligeable si l'on procède à un choix prudent des zones de rejet, dans des régions de la haute mer qui ne sont pas considérées comme zones de pêche ou utilisées pour d'autres activités, et si l'on s'assure que les conteneurs destinés à l'évacuation sont conformes à des normes d'intégrité qui leur permettent d'atteindre sans dommage le fond de l'océan.

II. HISTORIQUE DE L'OPERATION D'EVACUATION DE DECHETS RADIOACTIFS DANS L'ATLANTIQUE

A la suite d'une suggestion faite par les autorités de la R. F. d'Allemagne, l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire a entrepris, en février 1965, une étude relative aux possibilités d'évacuation de déchets radioactifs dans l'océan Atlantique et des problèmes qui y sont liés.

De nombreux pays européens éprouvaient alors des difficultés pour l'enfouissement ou l'entreposage de leurs déchets radioactifs solides et les objectifs principaux de l'étude de l'ENEA étaient de mettre au point, au niveau international, une méthode sûre et économique d'évacuation des déchets dans l'océan et d'en faire la démonstration en réalisant une opération expérimentale de rejet effectuée en commun par plusieurs pays membres. L'opération expérimentale devait aussi procurer des éléments de comparaison relatifs aux aspects économiques et pratiques des méthodes d'évacuation dans la mer et dans le sol.

EVALUATION DES RISQUES

A titre de première mesure, un groupe d'experts international a été créé en octobre 1965 pour élaborer les grandes lignes de l'étude et, en particulier, pour procéder à une évaluation des risques associés à l'opération d'évacuation proposée. Des spécialistes de l'océanographie, de la biologie marine, des pêcheries et de la protection contre les radiations ont été désignés pour participer aux travaux de ce groupe.

Les experts ont pris en considération les informations scientifiques disponibles et ont tenu compte de l'expérience acquise par certains pays de l'ENEA au cours d'opérations d'évacuation nationales. Les différents types de déchets susceptibles d'être évacués, ainsi que les emballages utilisés ont été examinés et il est apparu que l'activité totale de ces déchets serait de l'ordre de 10 000 curies. C'est sur cette base qu'a été réalisée l'Evaluation des Risques qui figure dans l'Annexe I.

Le groupe d'experts a conclu que l'évacuation de déchets radioactifs solides au fond de l'océan Atlantique, à une cadence de l'ordre de 10 000 Ci/an, ne donnerait lieu qu'à des ingestions de radioactivité par l'homme inférieures de plusieurs ordres de grandeur* aux valeurs maximales actuellement recommandées par la Commission internationale de protection contre les radiations (ICRP). Les experts ont conclu en outre qu'il n'en résulterait aucun effet sur les organismes biologiques, à l'exception peut-être de quelques individus appartenant à certaines espèces se trouvant dans le voisinage immédiat de la zone d'évacuation.

* Cette expression a été utilisée par les experts dans son sens mathématique : un "ordre de grandeur" représente un facteur 10, deux ordres de grandeur un facteur 100, etc.

CONDITIONS OPERATIONNELLES REQUISES : CHOIX DE LA ZONE DE REJET

Etant donné la marge de sécurité définie dans l'Evaluation des Risques, le groupe d'experts a considéré que le critère essentiel devait être que la zone de rejet réponde à certaines conditions opérationnelles, qui sont les suivantes :

- (a) Il ne doit pas y avoir le moindre risque de récupération des déchets par les chaluts des bateaux de pêche. La zone choisie doit avoir une profondeur d'au moins 2 000 mètres et être située tout à fait au-delà du plateau continental.
- (b) Aucun câble sous-marin recensé ne doit traverser la zone.
- (c) La zone doit être choisie de façon que l'opération d'évacuation puisse être exécutée convenablement et que l'on n'ait pas à supporter de charges financières déraisonnables en raison de la distance à parcourir, de conditions météorologiques défavorables ou de difficultés de navigation excessives.
- (d) Il y a lieu de tenir compte de l'existence possible de courants de turbidité.

Compte tenu de ces considérations, le groupe d'experts a recommandé que le rejet des déchets solides ait lieu dans une région située au nord-est de l'océan Atlantique, à une profondeur supérieure à 5 000 mètres.

SEMINAIRE SUR L'EVALUATION DES RISQUES

Le groupe d'experts avait été amené à introduire un certain nombre d'hypothèses dans l'Evaluation des Risques, afin de pallier l'absence de connaissances détaillées sur le milieu marin. Des recherches ont été effectuées pour vérifier la validité de ces hypothèses et les résultats de ces recherches ont été examinés au cours d'un séminaire organisé en avril 1967. Quarante personnes en provenance de dix pays et trois organisations internationales ont participé à cette réunion.

Des données nouvelles ainsi que des travaux de compilation ont été présentés, au cours du séminaire, par des spécialistes allemands et français de l'océanographie et de la biologie marine ; ces données provenaient de travaux déjà publiés et également de résultats de programmes de recherche en cours, relatifs aux conditions océanographiques et biologiques. Le séminaire a appelé l'attention sur la difficulté de déterminer avec précision les conditions qui règnent dans les grandes profondeurs de l'océan. La variabilité du milieu marin ainsi que les difficultés d'interprétation de faits bien établis se sont ajoutées à la difficulté d'exprimer des conclusions en termes précis.

Malgré ces réserves, il est clairement apparu qu'aucune des informations supplémentaires disponibles ne venait infirmer les conclusions de l'Evaluation des Risques. Le séminaire a montré, en fait, qu'une vaste zone de l'Atlantique nord-est répondait aux conditions opérationnelles énumérées plus haut et se prêtait, par conséquent, à l'évacuation de déchets emballés selon les méthodes

convenablement contrôlées qui étaient envisagées. Bien qu'il ait été nécessaire, pour les besoins pratiques du contrôle de l'opération, de choisir une zone de rejet déterminée de 50 km de côté, l'Evaluation des Risques était en fait également valable pour d'autres régions ayant les mêmes caractéristiques générales. Des recherches aussi détaillées ne seraient, par conséquent, pas nécessaires si de nouvelles opérations d'évacuation de déchets étaient projetées dans des régions présentant ces caractéristiques.

Bien que ni le séminaire, ni les discussions qui ont eu lieu à cette occasion en ce qui concerne les études océanographiques et biologiques n'aient apporté d'éléments susceptibles d'infirmer les conclusions de l'Evaluation des Risques, il convient néanmoins de souligner que ce séminaire a constitué une étape essentielle dans la mise au point de l'opération d'évacuation prévue et a contribué à une meilleure compréhension du problème de l'évacuation des déchets radioactifs dans la mer.

III. VERIFICATION DES CONTENEURS

INFORMATIONS RELATIVES AUX EMBALLAGES DESTINES AU REJET

Sur la recommandation des experts qui avaient préparé l'Evaluation des Risques, un groupe de spécialistes en matière de conditionnement des déchets radioactifs s'est réuni en février 1966 pour examiner les caractéristiques des déchets disponibles pour une opération d'évacuation en mer et pour s'assurer que les conteneurs utilisés étaient en tous points appropriés pour ce genre d'opération.

Pour permettre aux spécialistes de mener leur tâche à bien, chaque pays intéressé avait été prié de fournir des données détaillées sur les déchets susceptibles d'être ainsi évacués. Ces données, qui devaient être présentées d'une manière uniforme, portaient sur les points suivants :

1 : Conditionnement

Sous ce titre figuraient des indications relatives à la description et au principe du confinement, des dessins du confinement extérieur et du blindage de protection, les spécifications de constituants importants tels que le béton, des détails sur les méthodes de remplissage et de fermeture. Tous les essais effectués sur les conteneurs ont fait l'objet d'un rapport.

2 : Contenu des récipients

Une description générale des déchets, de leur conditionnement ou des autres opérations de pré-traitement était donnée sous cette rubrique, de même qu'une estimation de l'activité alpha et bêta/gamma exprimée en curies avec, éventuellement, une référence particulière pour toute quantité importante de matières fissiles. D'autres données portaient sur la répartition de l'activité et, le cas échéant, sur le traitement utilisé pour faire en sorte que les matériaux ayant la propriété de flotter de façon permanente ne constituent pas un danger.

3 : Emballage dans son ensemble

Dans ce chapitre étaient décrites les méthodes d'identification des conteneurs pour la constitution de dossiers, y compris les numéros d'identification utilisés dans le pays d'origine, la date de mise sous emballage et des indications détaillées concernant le stockage, la densité moyenne et le poids, les débits de dose, etc.

CONDITIONS PARTICULIERES

Etant donné qu'il s'agissait de juger si les conteneurs déjà existants étaient appropriés, le groupe de spécialistes n'a pas cherché à établir des normes pour un ou plusieurs conteneurs type, mais il a défini, par contre,

un certain nombre de conditions auxquelles les conteneurs devaient répondre pour pouvoir être acceptés pour l'opération de rejet. Ces conditions étaient dictées, d'une part, par la nécessité de transporter sans risque les conteneurs jusqu'à la zone d'évacuation et, d'autre part, par le fait que les conteneurs devaient rester intacts pendant leur descente jusqu'au fond de la mer.

Ces conditions, telles qu'elles furent définies par les spécialistes, étaient les suivantes :

1 - Conditions particulières relatives au transport

Les récipients doivent assurer un confinement et une protection convenables, de façon que les déchets puissent être transportés depuis le port jusqu'à la zone d'évacuation sans que le navire puisse être contaminé de manière importante et sans que l'équipage et les manutentionnaires soient exposés à des doses d'irradiation supérieures aux normes de base internationales. Le règlement de transport de l'AIEA et toutes les réglementations nationales devront être appliqués tant en ce qui concerne l'irradiation externe que la contamination extérieure.

2 - Conditions particulières relatives à l'immersion

- (a) Les conteneurs doivent être conçus de telle manière que les produits qu'ils contiennent restent à l'intérieur pendant toute la descente jusqu'au fond de la mer. Afin d'éviter que les récipients puissent être endommagés au cours de la descente sous l'effet de la pression extérieure, il convient de prévoir l'égalisation de la pression ou d'assurer un remplissage complet des conteneurs. Pour être certain que les récipients atteindront effectivement le fond, il faut que la densité apparente de chaque conteneur ne soit pas inférieure à 1,2. Dans le cas où des conteneurs secondaires sont inclus dans le conteneur principal, la densité apparente de chaque conteneur secondaire doit être également supérieure à 1,2.
- (b) Les conteneurs doivent être constitués de telle manière que toute flottabilité ultérieure des matériaux qu'ils contiennent soit exclue. Parmi les matériaux que l'on pourrait ainsi évacuer, le polyéthylène présente tout particulièrement un risque de retour en surface, surtout lorsqu'il est utilisé sous forme de bouteilles fermées. Dans ces conditions, la présence de polyéthylène dans les conteneurs à immerger n'est pas acceptable, sauf dans les cas suivants :
- lorsque des feuilles minces de polyéthylène sont utilisées pour protéger la surface interne des conteneurs contre la corrosion ;
 - lorsque les objets en polyéthylène ont subi un traitement propre à les rendre sans valeur pour toute réutilisation éventuelle. Ceci peut être obtenu par déchiquetage, granulation ou découpage en petits morceaux. Le matériel ainsi traité doit être incorporé de manière à respecter la condition imposée pour la densité ;
 - lorsqu'il peut être garanti que la densité d'un conteneur secondaire en polyéthylène et de son contenu est supérieure à 1,2, le contenu devant être alors solidifié par une méthode acceptable (par exemple avec du ciment).

EXAMEN DES CARACTERISTIQUES

Des informations détaillées sur les conteneurs ont été soumises à l'examen du groupe de spécialistes, par les sept pays suivants : Allemagne, Belgique, France, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suède. L'origine des déchets en cause était très variée; ils comprenaient des résines échangeuses d'ions usées, résultant du traitement de déchets liquides, des déchets métalliques compactés, des cendres d'incinération et des boues provenant des stations de traitement des effluents. Les activités variaient en moyenne de 0,1 mCi à 1 Ci par conteneur.

Des fûts, de type pétrolier de 200 litres environ, étaient en général utilisés comme conteneurs, et trois méthodes principales de conditionnement étaient adoptées selon la nature et l'activité des déchets. Les figures 1, 2 et 3 représentent des exemples typiques de ces méthodes. Divers dispositifs d'égalisation de pression étaient prévus pour les conteneurs qui n'avaient pu être parfaitement remplis.

Après un examen détaillé des caractéristiques des différents conteneurs proposés, le Groupe de spécialistes a considéré que l'on pouvait accepter un certain nombre d'entre eux pour une opération internationale de rejet en mer.

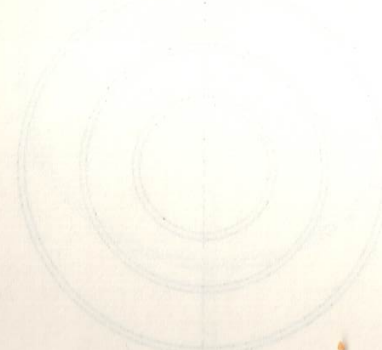


Fig. 1. CONTENEUR DE BOUES
(sans dispositif d'égalisation de pression)

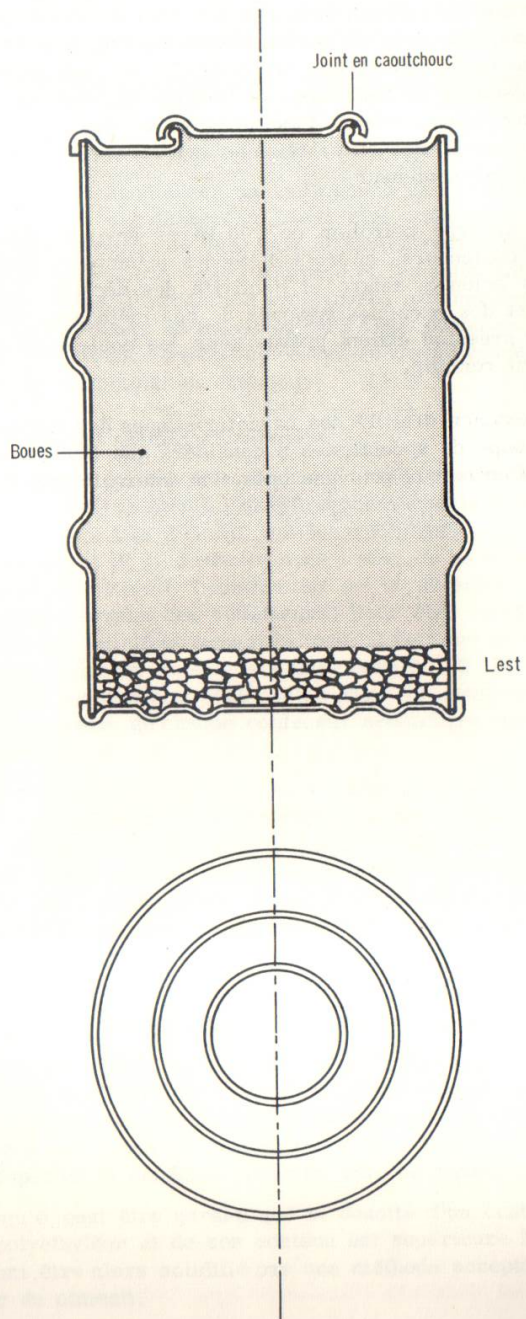


Fig. 2. CONTENEUR POUR DECHETS ENROBES DANS DU BETON

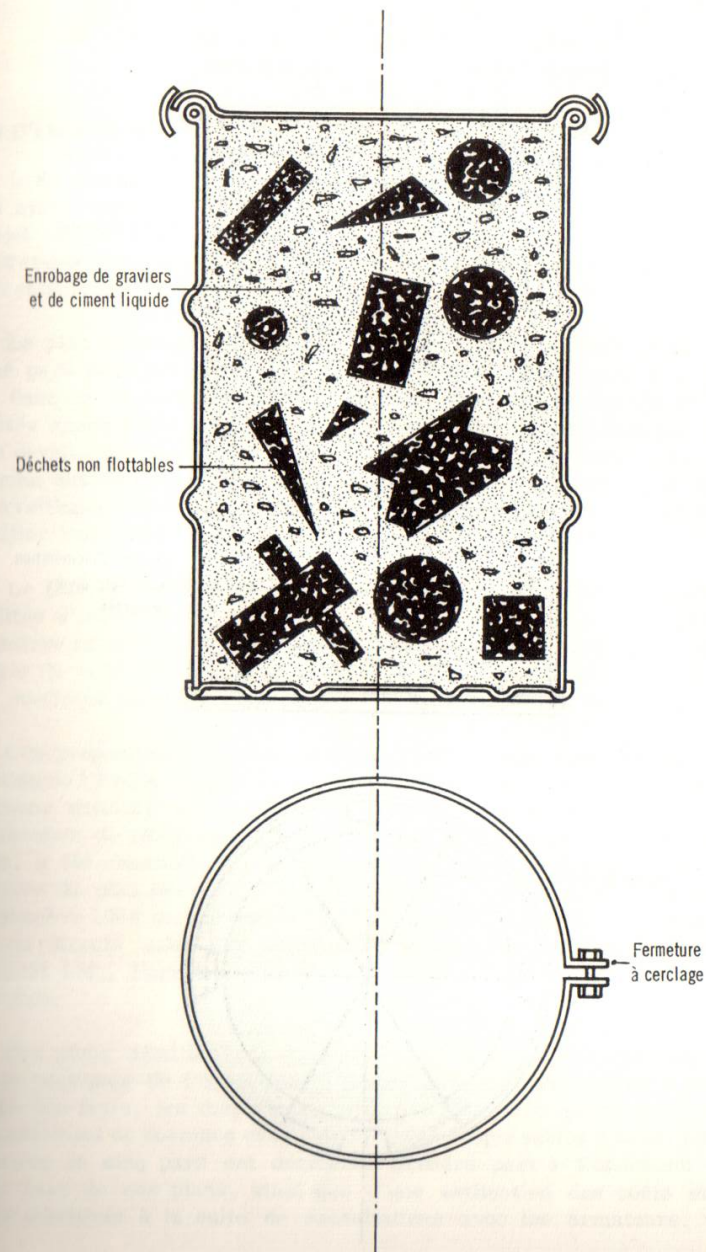
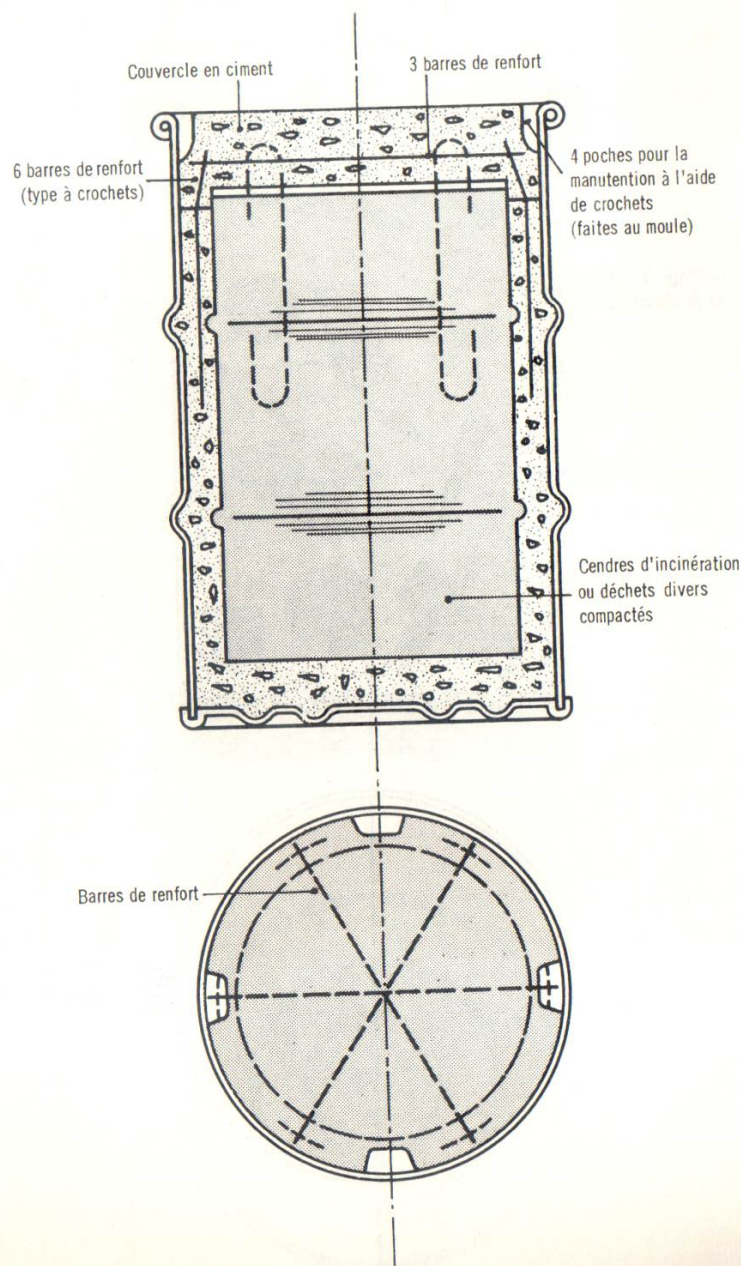


Fig. 3. CONTENEUR INTERNE AVEC PROTECTION DE BETON



IV. L'OPERATION DE REJET ET SA GESTION

PLAN D'ENSEMBLE

Les conclusions de l'Evaluation des Risques et de l'examen des conteneurs ayant démontré qu'il était possible de réaliser en commun l'opération de rejet proposée, aussi bien du point de vue de la sécurité que du point de vue pratique, un plan pour l'exécution de l'opération a été élaboré par des représentants de dix pays membres de l'ENEA*.

Le plan prévoyait, en premier lieu, une phase nationale pendant laquelle chaque pays participant prendrait les dispositions nécessaires pour le transport, dans un port choisi, de ses conteneurs de types agréés et dans les quantités approuvées. La phase internationale, ou phase commune, de l'opération devait commencer ensuite avec le chargement des déchets sur un bateau conforme aux exigences de l'opération : cette phase devait se dérouler sous la surveillance d'un responsable à bord nommé par l'ENEA et chargé de surveiller l'opération d'évacuation à chacune de ses étapes.

Le plan comprenait plusieurs autres recommandations qui traitaient des modalités d'exécution de l'opération, du choix du navire et de l'établissement de dossiers relatifs aux déchets évacués au cours de l'opération. L'organisation pratique du rejet devait être confiée à un petit Groupe exécutif, assisté d'un agent maritime appelé à être consulté sur les questions de transport.

Ces propositions relatives à l'opération ont été soumises au Comité de Direction de l'ENEA et approuvées en juin 1966. A la suite de cette approbation, le Groupe exécutif, qui comprenait les experts nommés par des pays qui envisageaient de participer à l'opération ainsi que quelques autres pays intéressés, a été constitué afin d'établir des préparatifs détaillés pour la mise en œuvre du plan prévu. Le Groupe exécutif s'est réuni en session plénière en septembre 1966 et janvier 1967 et il y a eu également de nombreux échanges de vues directs entre les représentants des pays participants et de Lep Transport Ltd., l'agent maritime engagé par l'ENEA sur la recommandation du Groupe.

Des plans détaillés ont été mis au point en ce qui concerne tous les aspects pratiques de l'opération, y compris le type de navire à utiliser, le partage des frais, les dispositions contractuelles, les questions d'assurance, l'établissement de dossiers et la sélection des responsables à bord. Des centres nucléaires de cinq pays ont décidé de prendre part à l'opération commune sur la base de ces plans, ainsi que d'une estimation des coûts établie par l'agent maritime à la suite de consultations avec les armateurs. Ces pays

* Allemagne, Belgique, Espagne, France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni et Suède.

étaient l'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Il était alors envisagé d'évacuer environ 11 000 tonnes de déchets solides emballés, représentant une activité totale estimée à 8 000 curies bêta/gamma et à 300 curies alpha.

Après une préparation intensive, à la fois au niveau national, pour le transport des déchets jusqu'aux ports choisis, et au niveau international, pour la coordination et la gestion d'ensemble de la phase commune, l'opération a débuté à Newhaven (Angleterre) le 17 mai 1967. Cinq voyages consécutifs vers la zone de rejet ont été effectués par le navire britannique "TOPAZ" (de 2 250 tonnes de charge utile), à l'issue desquels le navire est revenu à Cherbourg (France) pour être inspecté et décontaminé. Celui-ci a été autorisé à reprendre ses activités commerciales habituelles le 22 août 1967.

Les quantités totales rejetées au cours de l'opération ont été les suivantes :

Pays d'origine	Nombre de conteneurs	Poids total	Activité (Ci)	
			alpha	bêta/gamma
Royaume-Uni	1 268	724	91	1 682
Allemagne	480	180	0,5	5
Pays-Bas	501	207	0,07	2
Belgique	1 945	600	-	190
France	896 (béton)	449	1	10
	30 700 (boues)	8 735	160 (max)	5 747
Total	35 790	10 895	253	7 636

AFFRETEMENT DU NAVIRE

Rôle de l'agent maritime

Le mandat de l'agent maritime engagé par l'ENEA était le suivant :

- (a) conseiller le Groupe exécutif sur les aspects maritimes du programme d'évacuation expérimentale ;
- (b) servir d'intermédiaire, selon les nécessités, entre le Groupe exécutif et les autorités portuaires en cause ;
- (c) fournir les renseignements nécessaires pour permettre au Groupe exécutif de déterminer les risques qui doivent être couverts par une assurance ;

- (d) soumettre à l'approbation du Groupe exécutif un projet de répartition proportionnelle des frais totaux entre les pays participants, ainsi que les modalités de répartition des frais imprévus ;

- (e) organiser les opérations de navigation conformément aux directives données en temps voulu par le Groupe exécutif.

La phase préparatoire a pris fin avec les propositions de l'agent maritime, en particulier celles prévues au point (d). Les cinq centres participant à l'opération ont ensuite conclu un contrat unique, qui avait été préparé par l'ENEA avec Lep Transport Ltd. En vertu de ce contrat, l'agent maritime était chargé de procurer un bateau affrété selon une charte-partie à temps, disposant du personnel et de l'équipement nécessaires pour l'exécution de l'opération de rejet. La charte-partie à temps a été conclue en fait entre Lep, pour le compte des centres participants, et les armateurs.

Il a été décidé en principe que, compte tenu des tendances actuelles de la législation nucléaire (et en particulier de la Convention de Paris sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire), les centres participants seraient responsables des dommages nucléaires causés à des tiers, qui pourraient résulter de l'opération. L'agent maritime a été chargé de souscrire une assurance couvrant convenablement toute responsabilité qui pourrait être à la charge des centres, individuellement ou collectivement. Cette assurance, dont la couverture s'élevait à cinq millions de livres, portait sur une période de dix ans et prenait effet à l'arrivée des déchets dans les ports de chargement. En outre, des dispositions prévoyant une intervention gouvernementale ont été prises pour le cas très improbable où les dommages à des tiers seraient supérieurs à cette valeur. D'autre part, puisqu'il n'avait pas été possible d'obtenir, à des conditions acceptables, la couverture des risques très hypothétiques découlant d'une éventuelle récupération des déchets après leur évacuation dans la mer, les autorités des pays participants ont décidé d'assumer elles-mêmes la responsabilité de ces risques.

Conformément au contrat, l'agent maritime a, d'autre part, nommé dans chaque port des représentants chargés de s'occuper des formalités relatives aux mouvements du navire et d'organiser le chargement des déchets.

Critères pour le choix du navire

Les conditions générales qui ont déterminé le choix d'un navire pour l'opération ont été fixées en fonction de l'expérience acquise au cours d'opérations similaires qui avaient déjà été réalisées par des pays de l'ENEA. Ces conditions, qui sont reproduites à l'Annexe II, ont trait aux dispositions et aux installations dont le navire doit disposer pour permettre de réaliser l'opération en toute sécurité et, en particulier, à la nécessité d'avoir à bord un équipement de navigation précis.

Les coûts relatifs au transport en mer étaient également d'une très grande importance et plusieurs possibilités ont été examinées en ce qui concerne le type et le tonnage d'un navire approprié. Les charges portuaires et les frais de location étaient liés à la taille du navire et il est apparu que la

solution la plus économique pour l'opération prévue était d'utiliser un bateau de 2 500 tonnes de charge utile, qui pourrait effectuer le rejet de l'ensemble des déchets au cours d'une série de cinq voyages consécutifs. Puisqu'il n'était pas essentiel de réaliser cette évacuation au cours d'un voyage unique et à une période déterminée, il a été décidé de préparer les opérations à partir de cette base.

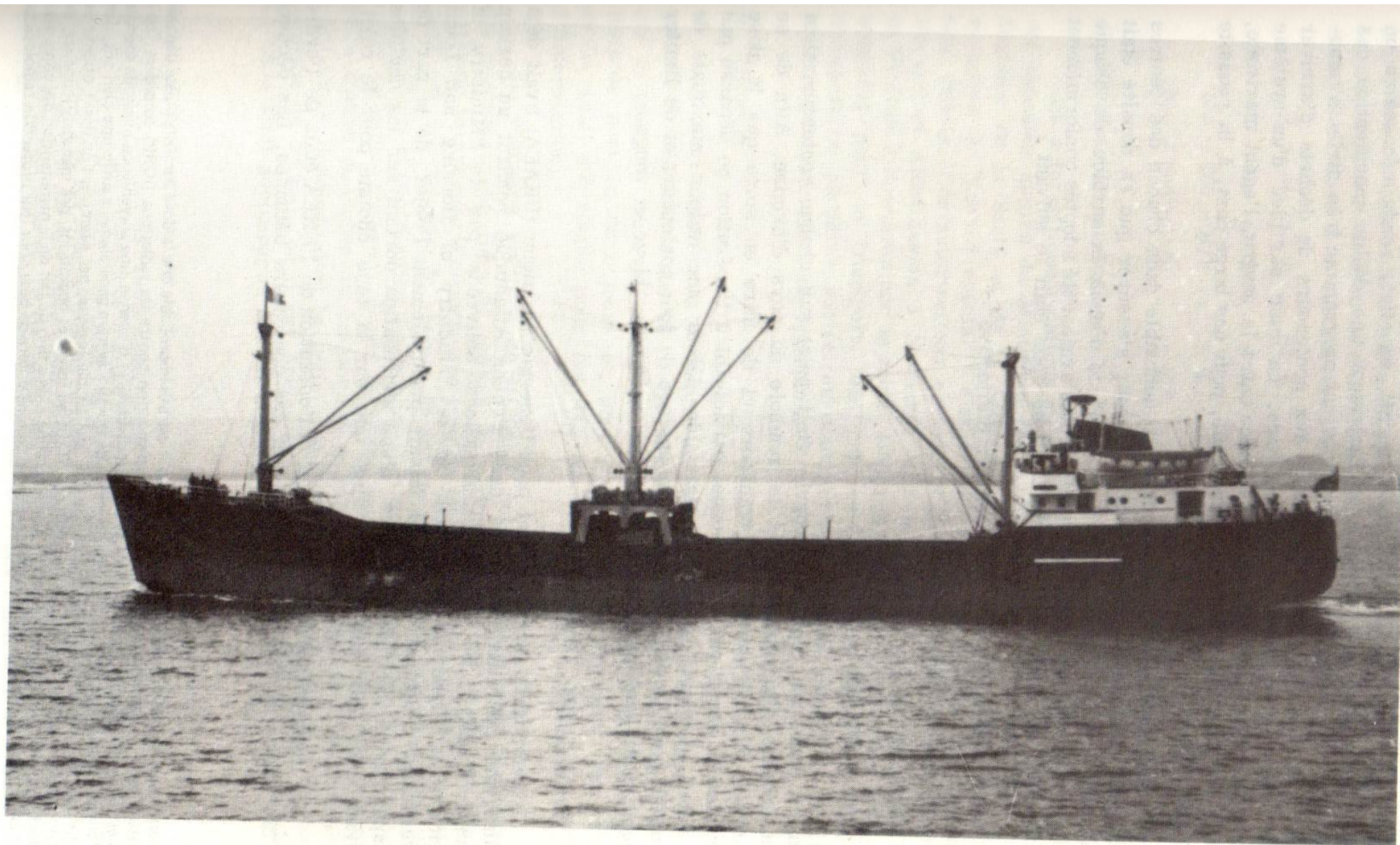
De fait, sur la proposition de l'agent maritime, le TOPAZ, navire britannique de 2 250 tonnes appartenant aux armateurs écossais, GEM Line Limited, a été choisi. Ce navire possédait deux cales principales, chacune d'elles divisée en deux pour former quatre cales au total. Deux d'entre elles disposaient chacune de deux mâts de charge de trois tonnes et les deux autres de deux mâts de charge de cinq tonnes chacune. Le plancher métallique des cales était de nature, le cas échéant, à faciliter les opérations de décontamination. Les quartiers de l'équipage étaient situés à l'arrière des cales et, en disposant les conteneurs dont le débit de dose à la surface était relativement élevé dans la cale située à l'avant du navire, aucun problème de sécurité radiologique ne se poserait pour le personnel dans les cabines.

Deux responsables à bord engagés par l'ENEA ont inspecté le navire en mars 1967 et ont confirmé qu'il était particulièrement bien adapté pour l'opération de rejet envisagée. En outre, les armateurs pouvaient fournir un équipage en nombre suffisant pour permettre un rythme de décharge économique dans la zone de rejet. A l'occasion de cette inspection, les responsables à bord ont examiné avec les armateurs la question des plates-formes de rejet spéciales qui devaient être installées pour faciliter la manutention rapide et le rejet des conteneurs en mer.

PREPARATIFS AU NIVEAU NATIONAL

Ainsi qu'il a été dit précédemment, dans le plan d'ensemble établi pour l'opération de rejet, il incombait à chaque pays participant de rassembler sa contribution, dans un port choisi, dans des conteneurs de types agréés. Les pays participants étaient en particulier responsables :

- (a) de l'inspection destinée à s'assurer que tous les conteneurs proposés pour le rejet étaient conformes aux spécifications qui figurent dans le chapitre III de ce rapport ;
- (b) du transport à partir du centre d'où provenaient les déchets jusqu'au port, conformément aux règlements en vigueur ;
- (c) de l'obtention de l'accord des autorités nationales ;
- (d) des relations publiques sur le plan local et national ;
- (e) d'une dernière inspection visuelle avant le chargement, pour s'assurer qu'aucun conteneur ayant subi des dommages au cours du transport n'était chargé sur le navire.



TOPAZ vu par le travers

Tous les pays participants avaient établi leur programme de façon à éviter un stockage sur le quai : ceci aurait, en effet, rendu nécessaire un contrôle de la zone de stockage et également une double manutention des conteneurs. Afin d'éviter ces inconvénients, un programme très strict s'imposait dans chaque pays pour permettre aux conteneurs de déchets d'arriver au port très peu de temps avant le navire. La mise sur pied d'un système de communication particulièrement efficace entre le navire, l'agent maritime, les pays participants et l'ENEA a contribué, pour une large part, à la réussite des plans établis.

La préparation des conteneurs était semblable dans chacun des centres participants. Chaque conteneur était pesé pour s'assurer que sa densité était supérieure à 1,2. Afin d'indiquer le débit de dose à la surface de chaque conteneur, des repères de couleurs différentes avaient été adoptés conformément au code déjà en usage au Royaume-Uni ; ce code était le suivant :

0 - 50 mR/h	: sans couleur distinctive
50 - 100 mR/h	: blanc
100 - 200 mR/h	: bleu
200 - 500 mR/h	: rouge

Selon ce code, un repère approprié était peint sur chaque conteneur, ainsi qu'un numéro d'identification et le symbole du pays d'origine. Afin de se conformer aux règlements de transport et de faire en sorte que la dose d'irradiation reçue par le personnel participant à l'opération ne dépasse pas 1,5 rem*, il s'est avéré nécessaire de définir une valeur maximale de 500 mR/h pour le débit de dose à la surface de tout conteneur, et de limiter le nombre de ceux qui appartenaient aux catégories bleue et rouge.

Royaume-Uni

L'Autorité du Royaume-Uni pour l'énergie atomique (UKAEA) avait déjà réalisé des opérations de rejet dans l'océan Atlantique pendant un certain nombre d'années, en vertu d'autorisations délivrées par le "Ministry of Agriculture, Fisheries and Food" et le "Ministry of Housing and Local Government". Chaque évacuation faisait préalablement l'objet, de la part de l'Inspecteur en Chef des Pêcheries, d'une approbation portant sur les nucléides à évacuer et leur confinement, ainsi que sur la zone choisie pour le rejet.

La contribution du Royaume-Uni à l'opération de l'ENEA était de l'ordre de 724 tonnes et comprenait seulement des conteneurs bétonnés. Les déchets

* Lorsque les conditions de travail sont telles qu'il est très improbable que la dose annuelle puisse dépasser cette limite, la Commission internationale de protection contre les radiations (ICRP) considère "qu'il n'est pas nécessaire de procéder à un contrôle individuel et d'exercer une surveillance médicale spéciale. Pour ces travailleurs, une surveillance du milieu de travail s'avérera généralement suffisante bien que, dans quelques cas, un contrôle individuel puisse être souhaitable lorsque, par exemple, l'on désire obtenir des informations statistiques sur les expositions". Tout au long des opérations, des manutentionnaires, des dockers et des marins ont été soumis à une certaine exposition du fait de la manutention des conteneurs et cette recommandation de l'ICRP a été adoptée comme critère de base pour leur protection radiologique.

étaient composés de matériaux non combustibles, de déchets divers compactés provenant de laboratoires alpha et bêta, de solutions liquides absorbées sur la vermiculite et de cendres d'incinération. Pour ces conteneurs la distribution du débit de dose à la surface était la suivante :

0 - 50 mR/h	: 81 %
50 - 100 mR/h	: 8 %
100 - 200 mR/h	: 8 %
200 - 500 mR/h	: 3 %

a) - Délivrance des autorisations

Les autorisations relatives au transport des conteneurs à Newhaven ont été obtenues auprès du Ministère des Transports par l'intermédiaire de la Division de la Santé et de la Sécurité de l'UKAEA. De telles expéditions soumises à "accord spécial"* s'effectuent maintenant selon une procédure bien établie. Ces autorisations couvraient les mouvements de conteneurs de Harwell et Aldermaston à Newhaven, par la route et le chemin de fer, et de Winfrith à Newhaven par la route. D'autres documents avaient été également préparés pour ce transport, tels que les certificats d'assurance pour le transport de matières nucléaires couvrant les risques causés à des tiers pendant les opérations de transport.

b) - Transport

On avait estimé qu'à Newhaven les dockers pouvaient effectuer le chargement de 750 tonnes sur le navire en deux jours. Afin d'éviter un stockage sur le quai, il avait été décidé de transporter l'ensemble de la cargaison jusqu'au port en deux jours et, pour y parvenir, le transport par chemin de fer avait été adopté pour les 485 tonnes de Harwell et les 119 tonnes d'Aldermaston.

Six véhicules routiers de l'UKAEA ont été utilisés pour le transport des conteneurs de Harwell jusqu'à la station de chemin de fer de Didcot, quarante voyages étant nécessaires pour la totalité des 485 tonnes. Le chargement sur les wagons de chemin de fer a ensuite duré quatre jours. Dans l'intervalle, la contribution d'Aldermaston avait été transportée par la route au cours de quinze voyages, chacun de 18 km environ, jusqu'à une voie de garage de la station de Padworth. La jonction du chargement total de 60 wagons s'est effectuée à Reading, d'où le train a poursuivi son voyage jusqu'à Newhaven (environ de 60 km), où il est arrivé aux premières heures du 17 mai 1967. Le train était accompagné par un membre du personnel de l'UKAEA.

* En général, le transport des matières radioactives à l'intérieur du Royaume-Uni s'effectue conformément à des règlements qui s'inspirent de directives du Règlement de Transport des Matières Radioactives de l'AIEA (Collection Sécurité n°6). Lorsqu'une expédition de matières radioactives ne peut, pour une raison quelconque, être effectuée selon les conditions réglementaires en vigueur pour les opérations de routine, il est prévu que cette expédition s'effectuera en fonction de sa nature, selon des conditions qui seront spécialement prescrites. Tel était le cas pour les conteneurs de déchets et un "accord spécial" délivré par le Ministère des Transports définissait les conditions à respecter pour leur transport à Newhaven.

Les 120 tonnes en provenance de Winfrith ne justifiaient pas l'utilisation d'un train spécial. Il a été décidé, sur la base de considérations économiques et pratiques, d'organiser un convoi routier de 10 véhicules pour le transport de Winfrith à Newhaven. Accompagné par deux petits véhicules de l'UKAEA, le convoi a quitté Winfrith à 6 h 30 le 18 mai 1967 et a atteint Newhaven environ sept heures plus tard (approximativement 180 km).

c) - Contrôle durant le transport

Aucun contrôle n'a eu lieu pendant les transports par route et par chemin de fer. Le débit de dose d'irradiation et la contamination de tous les conteneurs avaient fait l'objet d'un contrôle dans chaque établissement, de même que l'on avait contrôlé le débit de dose de la cargaison des véhicules et des wagons de chemin de fer. Après le déchargement, un contrôle a été effectué sur les véhicules vides et les wagons de chemin de fer aux fins de décontamination.

Allemagne

La contribution allemande à l'opération consistait en 480 conteneurs provenant du Centre de Recherches Nucléaires de Karlsruhe. Ces fûts renfermaient des concentrats d'évaporation mélangés avec du ciment et tous avaient un débit de dose à la surface inférieur à 50 mR/h. Le transport des déchets devait s'effectuer de Karlsruhe à Emden, le port choisi pour l'opération. Emden est situé à une distance de 600 km de Karlsruhe et la jonction entre ces deux villes par des voies d'eau intérieures avait conduit les autorités allemandes à envisager, depuis le début, un transport des déchets par péniche. Ainsi, il a été possible d'éviter un stockage intermédiaire des déchets sur le quai et de simplifier les formalités administratives à Emden.

a) - Délivrance des autorisations

L'autorisation pour le mouvement des déchets radioactifs de Karlsruhe à Emden a été délivrée par le Ministère d'Etat au Travail et aux Affaires Sociales de Bade-Wurtemberg à Stuttgart. Le transbordement des déchets à Emden ne nécessitait aucune autorisation particulière. Cependant, les opérations de chargement ont été supervisées par les services de l'inspection du travail de Emden, en tant qu'organisme responsable du contrôle en matière de protection contre les radiations. L'autorisation de sortie du port a été délivrée au TOPAZ par les autorités compétentes du port de Emden. Un accord des douanes avait également été nécessaire.

b) - Transport

Les déchets ont été transportés par camions depuis le Centre de Recherches Nucléaires de Karlsruhe jusqu'au port de Karlsruhe sur le Rhin, situé à une distance de 15 km, les 8 et 9 mai 1967. La péniche chargée a quitté Karlsruhe le 9 mai et est arrivée à Emden le 16 mai, trois jours avant le TOPAZ. Ceci a mis en lumière l'un des désavantages du transport par péniche : la très longue durée du voyage depuis Karlsruhe ne permettait pas de modifications rapides du programme établi. La péniche devant traverser différentes

écluses et sa vitesse ne pouvant être estimée, dès le début, avec suffisamment de précision, on n'a pu éviter de prévoir une marge de sécurité supplémentaire de deux jours pour faire face à tout retard imprévu. Le chargement du navire a commencé à Emden le 19 mai.

c) - Contrôle durant le transport

Le transport et le chargement se sont effectués sans incident. Pendant le transport, le plus fort débit de dose enregistré dans la cabine des chauffeurs de camions a été de l'ordre de 0,5 mR/h et sur la péniche, le débit de dose le plus élevé dans les endroits accessibles était de 3 mR/h. Aucune contamination n'a été détectée sur les camions. Sur la péniche, une faible contamination découverte en un point a été rapidement éliminée.

Pays-Bas

Les déchets des Pays-Bas provenaient du Reactor Centrum Nederland, à Petten, et devaient être transportés jusqu'à Ijmuiden, port privé appartenant au Royal Netherlands Blast Furnace and Steelworks Limited. Les déchets consistaient en 500 conteneurs, renfermant des déchets solides de laboratoire, qui avaient été mélangés à du ciment. Pour ces conteneurs, la distribution du débit de dose à la surface était la suivante :

0 - 50 mR/h	:	90 %
50 - 100 mR/h	:	6,4 %
100 - 200 mR/h	:	3,6 %

a) - Délivrance des autorisations

L'autorisation relative à la participation des Pays-Bas à l'opération a été délivrée par le Ministère des Affaires Sociales et de la Santé Publique.

b) - Transport

Cinq camions, chacun d'eux pouvant transporter 20 conteneurs à la fois, ont acheminé les déchets de Petten jusqu'à un endroit situé le long du canal "Noorthollands", à une distance d'environ 8 km du Centre de réacteurs. Le même jour, les conteneurs ont été chargés sur une péniche au moyen d'une grue mobile et ont ensuite été transportés à Ijmuiden, qui était distant d'environ 20 km. Après quelques jours d'attente à Ijmuiden, les conteneurs ont été chargés directement de la péniche sur le TOPAZ en une seule journée.

c) - Contrôle durant le transport

Un contrôle a été effectué pendant le déroulement des opérations de transport par le Département de Protection Sanitaire du Centre de Petten. Le personnel chargé de la manutention des conteneurs, ainsi que l'équipage de la péniche portaient soit des dosimètres, soit des films photographiques. On a constaté, parmi les 22 personnes concernées, que la dose la plus élevée était de l'ordre de 0,055 rem.

Belgique

Les 1 945 conteneurs représentant les déchets belges provenaient du Centre d'Etudes Nucléaires de Mol, où ils avaient été traités et solidifiés dans du bitume dans des fûts de 220 litres. Ils contenaient essentiellement des boues et des solides tels que des cendres d'incinération, des résines échangeuses d'ions et des déchets divers compactés. La distribution du débit de dose à la surface de ces conteneurs était la suivante :

0 - 50 mR/h	: 84 %
50 - 100 mR/h	: 12 %
100 - 200 mR/h	: 3 %
200 - 500 mR/h	: 1 %

a) - Délivrance des autorisations

L'autorisation concernant la contribution belge à l'opération a été délivrée par le Ministère de la Santé Publique et de la Famille ; elle couvrait à la fois le transport intérieur et l'opération d'évacuation elle-même. Le Ministère des Finances (Département des Douanes et Accises) a autorisé le mouvement des déchets hors du territoire belge.

b) - Transport

Il s'agissait de transporter 600 tonnes de déchets de Mol jusqu'au port de Zeebrugge. Des camions de 20 tonnes ont été utilisés pour effectuer le transport à partir du Centre de Mol jusqu'à la station de chemin de fer, d'où les déchets ont ensuite été expédiés jusqu'à Zeebrugge. L'ensemble des manutentions et des opérations de transport a duré environ cinq jours, depuis l'instant où a débuté le chargement des camions au Centre jusqu'à l'arrivée du train sur le quai de Zeebrugge. Cette arrivée a eu lieu le 23 mai à 8 heures et, à cet instant précis, le TOPAZ faisait son entrée dans le port.

c) - Contrôle durant le transport

Les opérations de transport se sont déroulées sous la surveillance du service de protection contre les radiations du Centre d'Etudes Nucléaires de Mol. Le débit de dose était vérifié pour chaque véhicule : les valeurs maximales enregistrées étaient de 150 mR/h à la surface des camions et de 90 mR/h à la surface des wagons de chemin de fer. La décontamination des camions et du train n'a pas soulevé de problème particulier. Les doses reçues par le personnel du Centre d'Etudes Nucléaires au cours de la manutention et du transport des déchets sont restées inférieures à 0,16 rem, et celles reçues par d'autres personnes, telles que les manutentionnaires affectés au transport et les grutiers, n'ont pas dépassé 0,06 rem.

France

Les déchets français évacués au cours de l'opération de l'ENEA provenaient du Centre de Marcoule. 896 conteneurs renfermaient des déchets métal-

liques mélangés avec du ciment et 30 700 renfermaient des boues qui résultaient du traitement des effluents liquides. Tous les conteneurs bétonnés avaient un débit de dose à la surface inférieur à 50 mR/h. Pour les conteneurs de boues, la distribution était la suivante :

0 - 50 mR/h	: 89,3 %
50 - 100 mR/h	: 7,1 %
100 - 200 mR/h	: 3,3 %
200 - 500 mR/h	: moins de 0,2 %.

Les fûts de boues devaient être manipulés en position verticale, afin d'éviter le risque de contamination par une fuite à partir des couvercles, le dispositif d'égalisation de pression devant être fixé juste avant le rejet en mer.

a) - Délivrance des autorisations

Les transports de matériaux radioactifs sont réglementés, en France, par un arrêté ministériel en date du 15 avril 1945, modifié par un autre arrêté en date du 1er juillet 1966 (Journal Officiel du 9 août 1966). La nature du transport et de l'expédition a nécessité une autorisation du type "accord spécial" (voir note au bas de la page 27). Cette autorisation a été délivrée par le Ministère de l'Equipeement et le transport organisé par la Société pour les Transports de l'Industrie Nucléaire (Transnucléaire) a été assuré par la Société Nationale des Chemins de Fer Français (S.N.C.F.).

b) - Transport

Le port de Cherbourg a été choisi pour le chargement des déchets français pour plusieurs raisons, en particulier du fait de sa situation sur la route des autres ports européens choisis pour l'opération. En outre, le Centre du Commissariat à l'Energie Atomique de la Hague, près de Cherbourg, était suffisamment proche pour fournir ses installations et son personnel, en particulier pour la surveillance des opérations de chargement. Etant donné la longue distance qui sépare Marcoule de Cherbourg (900 km) et les quantités de déchets en cause (plus de 9 000 tonnes), on a considéré que le transport par rail était le moyen le plus sûr et le plus économique. Les conteneurs étaient d'abord transportés par des camions de 15 tonnes, de Marcoule à la gare de l'Ardoise (10 km), où ils étaient chargés directement, à partir des camions, sur les wagons de chemin de fer, les fûts bétonnés horizontalement et les fûts de boues dans la position verticale requise. Aucun stockage n'était prévu sur le quai à Cherbourg ; un programme minutieux devait donc être établi pour faire en sorte que les déchets arrivent à Cherbourg juste à temps pour chaque opération de chargement du navire. Ceci a été facilité par le fait que les trains pouvaient stationner quelques jours sur une voie de garage privée du Commissariat à l'Energie Atomique à Equeurdreville, près de Cherbourg, dans l'attente du navire. Le calendrier des opérations est reproduit ci-après :

**Calendrier du transport des conteneurs de déchets
de Marcoule à Cherbourg**

Train	Date de chargement	Départ de l'Ardoise	Arrivée à Cherbourg	Date d'arrivée du TOPAZ à Cherbourg
1	22-24 mai	24 mai	26 mai	26 mai
2	31 mai	4 juin	6 juin	8 juin
3	au 7 juin	7 juin	9 juin	
4	23 au 30	27 juin	29 juin	29 juin
5	juin	30 juin	2 juillet	
6	10 au 19	16 juillet	18 juillet	17 juillet (soir)
7	juillet	19 juillet	21 juillet	
8	26 juillet	31 juillet	2 août	3 août
9	au 2 août	2 août	4 août	

c) - Contrôle durant le transport

Toutes les opérations de transport ont été placées sous la surveillance du personnel du Service de Protection contre les Radiations du Centre de Marcoule et chaque train était accompagné par un agent de radioprotection et par un spécialiste en matière de décontamination. En fait, ce personnel n'a jamais été amené à intervenir pour aucun de ces voyages. Après leur déchargement, quelques wagons de chemin de fer ont dû subir une décontamination qui a posé quelques problèmes, car les surfaces étaient oxydées et bosselées. La dose moyenne reçue par les personnes participant aux opérations de transport était de 0,33 rem, et aucune dose n'a atteint 1,5 rem. Il n'y a eu aucune contamination individuelle significative.

PHASE INTERNATIONALE

Modalités d'exécution de l'opération

La phase internationale de l'opération devait commencer dès l'arrivée des déchets au port d'embarquement et se terminer au moment où le navire serait de nouveau autorisé à reprendre ses activités commerciales habituelles. Pendant cette phase, la responsabilité de la bonne marche de l'opération incombait à l'agent maritime et aux responsables à bord, en coopération avec le capitaine du TOPAZ.

a) - Rôle de l'agent maritime

En plus de la tâche qui lui avait été confiée, de procurer un navire conforme aux exigences de l'opération, ainsi qu'il a été exposé précédemment, l'agent maritime était chargé de nommer des représentants locaux pour organiser dans chaque port le chargement des conteneurs de déchets. Les représentants locaux avaient pour tâche :

- d'obtenir les autorisations d'entrée et de sortie du navire ;
- de rester en contact avec les autorités nationales pour assurer l'arrivée au port de la cargaison, à la date fixée ;
- de préparer un manifeste de la cargaison ;
- d'organiser le chargement du navire ;
- d'informer en permanence l'agent maritime du déroulement de l'opération.

Les centres d'où provenaient les déchets à évacuer au cours de l'opération devaient rester en liaison étroite avec les représentants locaux et leur fournir toutes les informations nécessaires, en particulier celles concernant la cargaison.

Un programme détaillé de l'opération a été établi par l'agent maritime afin d'assurer une bonne coordination des diverses phases. Ainsi qu'il ressort du compte rendu sur les préparatifs au niveau national, ce point était particulièrement important, car il avait été décidé de ne pas stocker les déchets au port avant l'arrivée du navire, mais plutôt de les transporter à quai, de façon que leur arrivée coïncide dans la mesure du possible avec celle du navire. A chaque stade de l'opération, les pays participants et l'ENEA étaient tenus informés de la progression des travaux par l'agent maritime. Celui-ci était en contact permanent avec le capitaine du TOPAZ et avec ses représentants locaux dans les différents ports.

b) - Rôle des responsables à bord

Afin de superviser toutes les opérations qui devaient normalement se dérouler au cours de la phase internationale et pour veiller à ce qu'elles soient exécutées dans les règles, il a été décidé que l'ENEA devait être représentée à bord du TOPAZ par des personnes compétentes, en mesure de faire face à tous les problèmes qui pourraient éventuellement se poser sur le navire. Le rôle de ces responsables à bord avait été examiné et défini au cours de la phase préparatoire de l'opération : l'Annexe III donne une idée de l'importance de ce rôle et décrit les qualifications auxquelles les personnes en question devaient répondre.

La question s'était également posée de savoir s'il n'était pas préférable de choisir des responsables à bord dans des pays autres que ceux contribuant à une cargaison donnée et ce, afin de leur permettre une plus grande indépendance d'action. Cependant, on est arrivé à la conclusion que la compétence technique et les qualités personnelles des responsables à bord étaient les

critères décisifs et que la question de la nationalité n'avait qu'une importance secondaire. Dans le cas d'une cargaison complète en provenance d'un seul pays, il était avantageux de choisir un responsable qui connaisse parfaitement l'organisation administrative et les règlements en vigueur dans ce pays. Etant donné que ce responsable serait désigné par l'ENEA et agirait en son nom, son indépendance ne pourrait être mise en doute.

Cinq responsables à bord venant du Royaume-Uni, de la Belgique, de la Suède et de la France (deux responsables) ont été nommés par l'ENEA pour l'opération de rejet. Ces cinq personnes avaient toutes une connaissance approfondie des questions relatives au traitement des déchets radioactifs et à la protection contre les radiations. Une réunion avait été organisée à leur intention à Harwell, en novembre 1966, au cours de laquelle tous les aspects de l'évacuation des déchets radioactifs en mer avaient été examinés afin qu'ils puissent se familiariser avec la tâche qui les attendait.

Bien qu'un seul responsable à bord ait été prévu initialement pour chaque voyage, deux des personnes nommées par l'ENEA ont été constamment présentes sur le navire. Ces dispositions ont permis de partager les responsabilités, en même temps qu'elles ont donné à tous les responsables à bord la possibilité d'acquérir une expérience directe des opérations à exécuter. Cette expérience pourra maintenant servir si d'autres opérations du même genre venaient à être envisagées dans l'avenir.

Au cours des différents voyages, les responsables à bord ont eu pour tâche principale :

- de surveiller le chargement des conteneurs : en particulier, veiller à ce que les quelques fûts dont le débit de dose à la surface était le plus élevé, soient disposés de telle manière qu'il ne puisse en résulter une dose d'irradiation trop élevée pour l'équipage. A cet effet, il était recommandé de les isoler au milieu d'autres fûts moins actifs, qui servaient alors d'écrans de protection ;
- de procéder à un contrôle radiologique efficace à bord, en s'assurant que le débit de dose dans les différentes parties du navire restait dans les limites acceptables ;
- d'obtenir du capitaine du navire l'assurance que les opérations de rejet avaient bien eu lieu dans la zone prévue ;
- d'organiser les opérations de rejet en collaboration avec le capitaine et l'équipage : horaires de travail, mesures de sécurité, etc.

Description de l'opération

a) - Premier voyage

Pour son premier voyage, le TOPAZ devait se rendre à Newhaven, Emden, Ijmuiden, Zeebrugge et Cherbourg pour charger sa cargaison de déchets. Afin de limiter les risques de contamination, dont la responsabilité serait difficile à établir dans le cas d'un chargement mixte, la cargaison était essentiellement constituée par des déchets solides mélangés avec du ciment, et des boues solidifiées avec du bitume.

Conformément aux réglementations en vigueur, fondées sur les recommandations de l'AIEA relatives au transport des matières radioactives, un "accord spécial"* a été délivré pour le voyage, considéré comme une opération de transport, par le Board of Trade du Royaume-Uni. C'est de ce ministère que dépend la navigation des navires battant pavillon britannique. Des autorisations identiques ont également été délivrées par les autorités nationales compétentes des autres pays participants.

(i) Chargement

Royaume-Uni

Le TOPAZ est arrivé à Newhaven le 16 mai 1967 à 16 h. Les responsables à bord ont utilisé le reste de la journée pour prendre connaissance des caractéristiques pratiques du navire.

Les wagons de chemin de fer contenant les 604 tonnes de déchets solides en provenance de Harwell et Aldermaston arrivèrent le 17 mai et étaient en place pour le déchargement à 8 h. Les dockers étaient munis de dosimètres photographiques et de gants, et le chargement a commencé sans heurt avec deux équipes utilisant deux grues. Afin de pouvoir effectuer le chargement en deux jours, il avait été décidé que le travail se prolongerait le premier jour jusqu'à 20 h 30, heure à laquelle le contenu de 53 wagons sur un total de 60, avait été transféré sur le bateau. Les conteneurs étaient répartis à peu près également entre les quatre cales. Quelques conteneurs plus encombrants et plus lourds, pesant jusqu'à 3 tonnes chacun, étaient soulevés à l'aide d'élingues en acier, et placés sur des pièces de bois au fond des cales. Ils étaient déposés autant que possible dans l'alignement des positions de rejet, afin de réduire les efforts à effectuer au cours des opérations d'évacuation. Tous les autres conteneurs étaient soulevés à l'aide de crochets utilisés habituellement pour la manutention des fûts.

Le chargement a repris le lendemain à 8 h et à 10 h 30, tous les wagons étaient vides. Le convoi de camions en provenance de Winfrith est arrivé à 13 h 30, avec environ 120 tonnes de conteneurs qui complétaient la contribution du Royaume-Uni. A 16 h 30, les camions étaient tous déchargés et à 18 h, tous les équipements, wagons de chemin de fer et camions avaient été vérifiés et libérés par les services de protection contre les radiations. Une inspection des niveaux d'irradiation dans les cales avait été faite à partir de différents points, y compris notamment la salle des machines et les quartiers de l'équipage.

Deux dosimètres photographiques avaient été remis à chaque docker engagé dans les opérations de chargement du navire : l'un était un dosimètre individuel, l'autre avait été fourni pour permettre la détermination de la dose délivrée au personnel assurant le chargement des cales du navire. Ce dernier était repéré distinctement et était échangé par les hommes au moment où

* Voir la note au bas de la page 27 (Préparation nationale au Royaume-Uni). Le principe des expéditions sur "accord spécial" est applicable à tous les modes de transport.

ils échangeaient leur poste de travail des wagons aux cales du navire, et inversement. Ces dosimètres ont révélé que la dose moyenne reçue par les personnes qui déchargeaient les wagons était de l'ordre de 0,04 rem, pour des valeurs comprises entre 0,01 et 0,06 rem ; la dose reçue par les personnes qui travaillaient dans les cales était en moyenne de 0,1 rem et variait entre 0,02 et 0,14 rem ; les doses enregistrées sur les dosimètres individuels variaient de 0,01 à 0,12 rem.

Pendant ces opérations, les responsables à bord ont inspecté les plates-formes de rejet spécialement adaptées. Chacune des quatre cales était équipée d'un assemblage métallique entre le bord de l'écoutille et le pavois, sur lequel pouvait être verrouillé un plateau en acier et en bois faisant fonction de plate-forme de rejet. Quelques modifications ont été nécessaires pour améliorer le verrouillage et pour permettre au plateau de rester en place pendant l'ouverture ou la fermeture des panneaux d'écoutille. La photo n° 2 illustre la construction et l'utilisation de la plate-forme de rejet.

Au cours de ces opérations, l'équipage du TOPAZ avait été informé brièvement de la nature inhabituelle de la cargaison qu'il lui était demandé de transporter et d'évacuer en mer. Cette situation a été acceptée sans exception par tout l'équipage, qui a consenti à porter les dosimètres photographiques proposés par l'UKAEA.

Allemagne

Le TOPAZ est arrivé à Emden pendant la nuit du 19 mai et les opérations de chargement ont commencé le 20 mai à 8 h 45. La péniche qui transportait les déchets en provenance de Karlsruhe était placée entre le navire et le quai. Les conteneurs étaient arrimés dans la péniche en position verticale et leur manutention par le système classique à crochets s'est avérée impossible en raison de l'absence de rebord sur les conteneurs. Des estropes en toile ont pu alors être utilisées et, à 15 h 15, la totalité de la cargaison était chargée dans les quatre cales du navire avec, dans chacune d'elles, un nombre à peu près égal de conteneurs disposés horizontalement.

Les dockers avaient été munis de dosimètres photographiques et la dose maximale enregistrée était inférieure à 0,03 rem.

Pays-Bas

Le TOPAZ est entré à Ijmuiden le dimanche 21 mai. La péniche transportant les déchets des Pays-Bas a été placée bord à bord avec le navire et le chargement a commencé le lundi 22 mai à 6 h 30. Les conteneurs étaient disposés horizontalement dans la péniche et un effort supplémentaire a été nécessaire pour leur manutention car, au cours de la construction de ces conteneurs en ciment, qui se présentaient sans couvercle, il n'avait pas été prévu de poche permettant d'utiliser le système à crochets classique. Le chargement était cependant terminé à 18 h 45 et le TOPAZ quittait Ijmuiden à 20 h 45 pour faire route vers Zeebrugge.

Toutes ces opérations se sont déroulées en présence du personnel des services de radioprotection ; les dockers avaient été munis de stylos-dosimètres.



Plate-forme de rejet (premier voyage)

Belgique

Le chargement a commencé à Zeebrugge le 23 mai à 9 h 30, avec deux équipes de dockers et deux grues ; la totalité de la cargaison était à bord le 24 mai à 16 h 30 et le navire mettait le cap sur Cherbourg à 17 h 45.

France

A son arrivée à Cherbourg dans l'après-midi du 25 mai, le TOPAZ a été amarré à un chaland en acier, faisant office de ponton, placé entre le navire et le quai. Le chargement de la contribution française à la première cargaison a commencé le 26 mai à 9 h. Ce chargement comprenait 896 conteneurs en béton, qui étaient transférés au moyen de grues mobiles sur le chaland, d'où ils étaient ensuite repris et chargés dans les cales par les mâts de charge du navire. Le chargement s'est poursuivi le 27 mai et le dernier conteneur était à bord à 12 h 30.

Tous les dockers avaient été munis de vêtements protecteurs, essentiellement pour des raisons de sécurité générale, ainsi que de dosimètres photographiques. La dose moyenne reçue par les dockers au cours du chargement a été d'environ 0,015 rem.

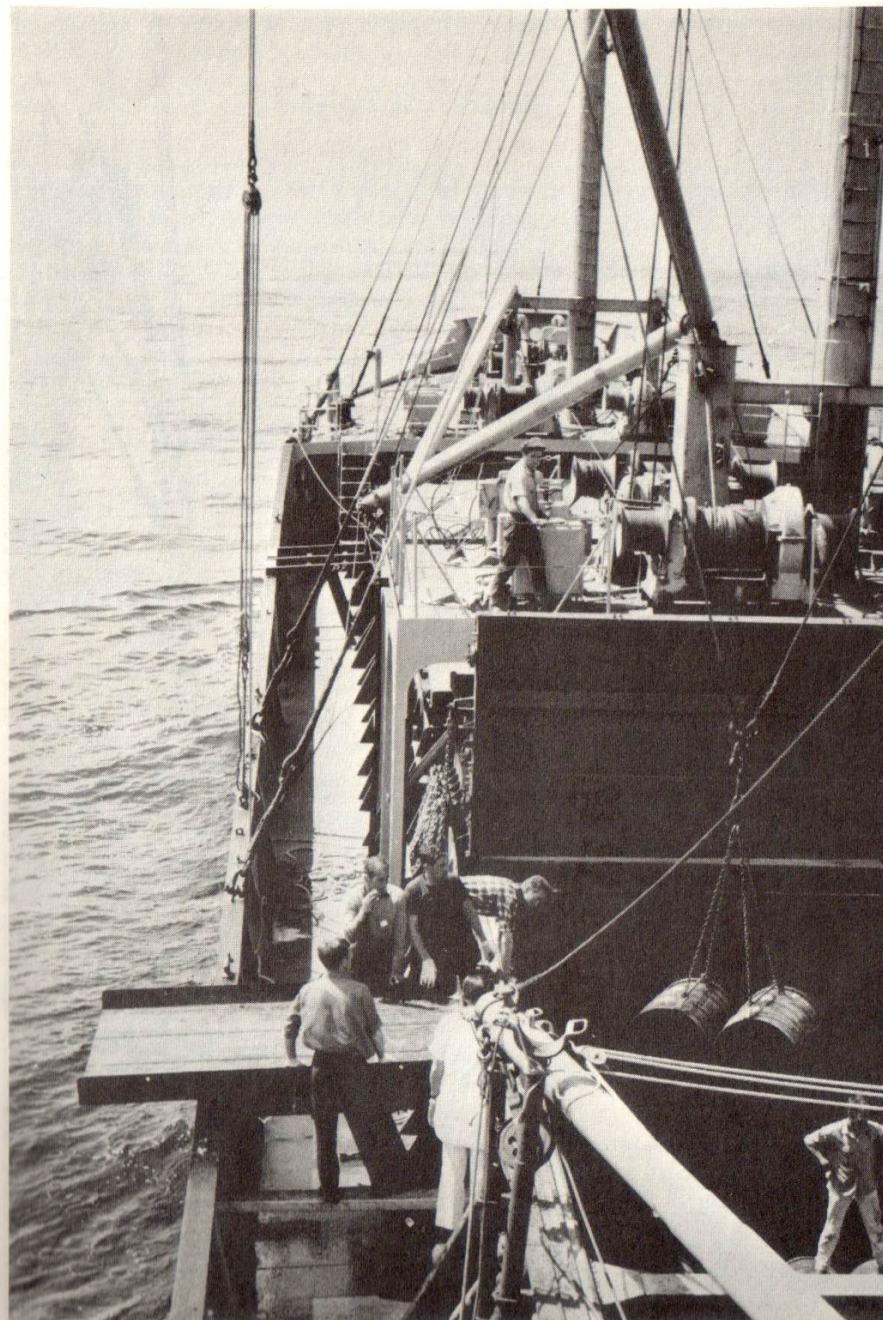
La première cargaison de l'opération ENEA était ainsi complétée et le TOPAZ quittait Cherbourg le 27 mai 1967 à 16 h 30 en direction de la zone de rejet.

(ii) Opérations de rejet

Au cours du voyage, le capitaine et les officiers du TOPAZ ont mis au point avec les responsables à bord l'organisation des opérations de rejet. Il est apparu que 12 personnes seraient nécessaires pour effectuer ces opérations à partir de deux positions, ce qui a causé quelques difficultés, car l'équipage n'était composé que de 15 personnes.

Les opérations de rejet ont commencé le 30 mai à 15 h 45. Chaque cale était équipée d'un mât de charge à babord et à tribord. Le système utilisé consistait à réunir ensemble les deux câbles des mâts de charge à l'aide d'un crochet commun. Chaque conteneur était ensuite amené, dans la mesure du possible, à la verticale de la plate-forme de rejet et était ensuite soulevé par-dessus le rebord de l'écouille. Les photos n° 3 et 4 représentent une vue générale de ces opérations.

Deux hommes assuraient le fonctionnement des mâts de charge et deux autres arrimaient les fûts dans la cale. Les deux autres personnes qui complétaient l'équipe de six, opéraient de chaque côté de la plate-forme de rejet. Dans de bonnes conditions et pour le rejet des conteneurs les plus légers à l'aide des crochets classiques, un seul homme pouvait, malgré quelque difficulté, s'occuper du rejet sur la plate-forme. L'équipage faisant preuve d'une grande diligence et acceptant de travailler pendant de longues heures dans des conditions parfois difficiles, il a été possible de travailler



Vue générale des opérations de rejet (premier voyage)