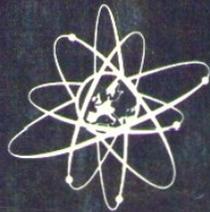


OPÉRATION D'ÉVACUATION
DE DÉCHETS RADIOACTIFS
DANS
L'OCÉAN ATLANTIQUE
1967

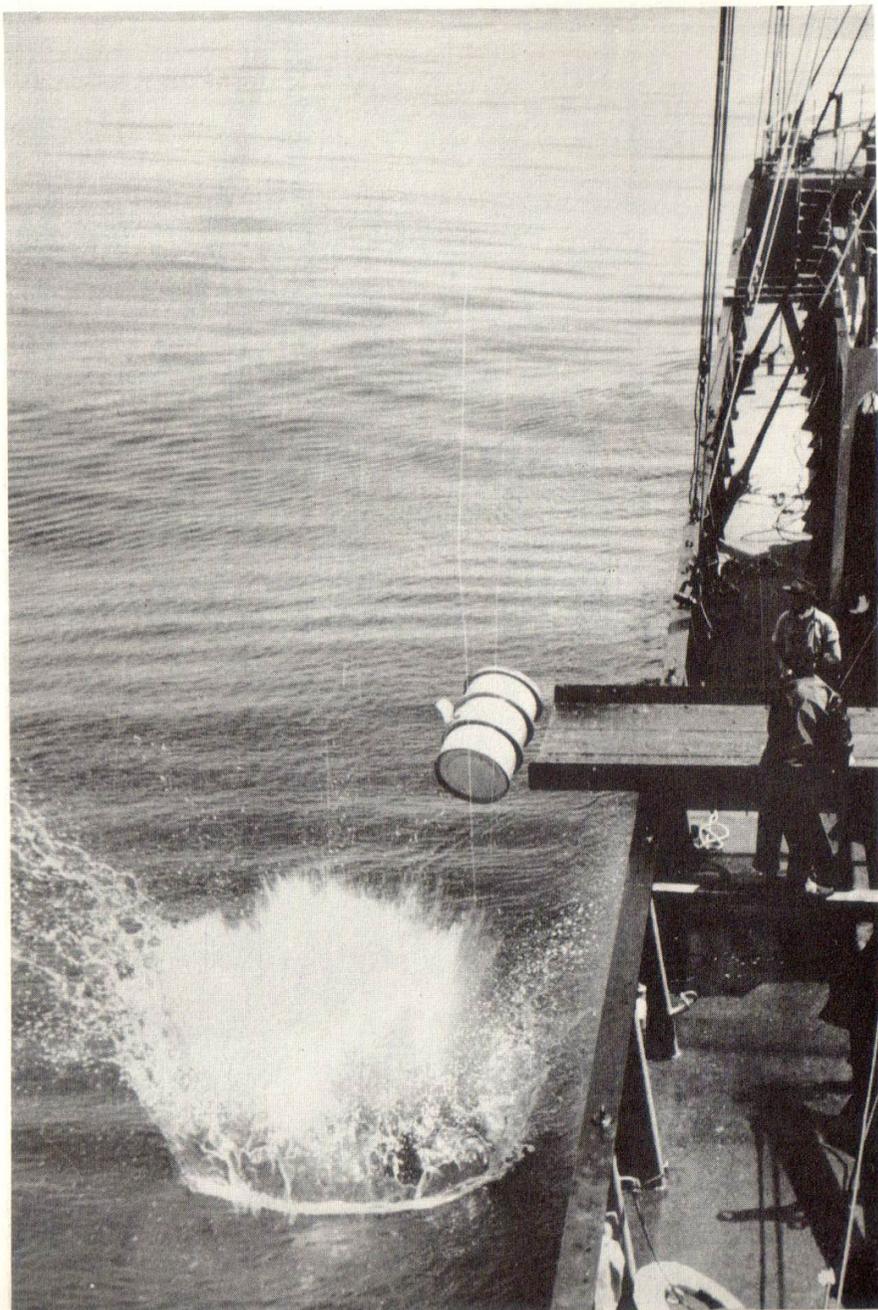


AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION
ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

SEPTEMBRE 1968

Partie 2
Document rendu
public par
l'Observatoire
du nucléaire
17 juillet 2025

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



Opération de rejet (premier voyage)

la plupart du temps à deux équipes de six pour un nombre total de 15 personnes seulement. Comme il fallait s'y attendre, un certain temps d'adaptation à ces opérations d'un type nouveau a été nécessaire aux équipes, mais 125 tonnes environ avaient pu, néanmoins, être rejetées à la fin de ce premier jour.

Le 31 mai et le 1er juin, de très bonnes conditions pour le rejet ont permis d'évacuer environ 900 tonnes. Les couvercles de plusieurs conteneurs belges se sont détachés au cours de leur manutention, mais il n'en est résulté aucun problème de contamination sérieux, ces couvercles ne constituant pas une partie intégrante du confinement des déchets. La manutention des conteneurs en provenance des Pays-Bas s'est avérée également peu pratique, pour la même raison que celle qui avait déjà été à l'origine de difficultés survenues au cours du chargement à Ijmuiden. En fin de compte, on a eu recours à une méthode consistant à pratiquer une poche dans le ciment à l'aide d'un gros marteau, pour permettre l'utilisation des crochets classiques.

Durant les deux jours suivants, les conditions atmosphériques se sont détériorées et la manutention des conteneurs est devenue beaucoup plus difficile. 200 tonnes seulement ont pu être rejetées. Le 4 juin, en raison du mauvais temps, aucun rejet n'a pu avoir lieu avant 14 h, mais on a profité de l'occasion pour nettoyer les cales n° 3 et n° 4 pendant la matinée et faire des contrôles de contamination. Quelques petites taches de contamination ont été découvertes et éliminées. L'évacuation de la première cargaison était terminée le 5 juin à 14 h.

Pendant le rejet, de l'eau provenant des éclaboussures causées par les fûts était projetée dans les cales n° 1 et n° 2, où il s'était produit une certaine contamination. En outre, l'eau s'était mélangée avec des phosphates en poudre laissés au cours de voyages précédents. Dans ces conditions, il a été décidé d'évacuer autant d'eau qu'il était possible et de réclamer un contrôle et une décontamination supplémentaires, une fois les cales sèches, au retour du navire à Cherbourg.

Le TOPAZ était de retour à Cherbourg le 8 juin 1967. Des spécialistes de la décontamination sont montés rapidement à bord et les cales n° 1 et n° 2 ont été faubertées pour supprimer toute contamination non fixée. Etant donné que d'autres cargaisons étaient prévues pour la poursuite de l'opération de l'ENEA, il n'y a pas eu de contrôle final. Le plancher métallique des cales a été recouvert de vinyle et on a procédé immédiatement au chargement d'une cargaison de fûts de boues.

(iii) Observations générales

Dans l'ensemble, le premier voyage s'est déroulé de manière très satisfaisante, si l'on considère qu'il était relativement compliqué de constituer une cargaison mixte provenant de cinq pays. Le rejet a été réalisé d'une manière extrêmement efficace par le capitaine et l'équipage du TOPAZ, qui s'est révélé parfaitement bien adapté à ce genre de travail, les mâts de charge assurant une couverture convenable de l'ensemble des cales. Les communications avec l'agent maritime et d'autres organisations ont été

excellentes pendant la période de rejet ; ceci est dû pour une grande part à l'esprit de coopération dont a fait preuve le navire météorologique français FRANCE I, qui a accepté de transmettre de nombreux messages et qui a fourni des informations particulièrement appréciées en ce qui concerne les conditions météorologiques.

La navigation n'a pas présenté de difficultés particulières car, la plupart du temps, les conditions étaient favorables à la navigation astronomique. Le capitaine a fait remarquer, cependant, que la zone prévue pour l'évacuation n'était pas suffisamment vaste pour permettre au navire de conserver très longtemps un cap favorable aux opérations de rejet, et de se maintenir en même temps à l'intérieur du périmètre de 50 km de côté qui avait été prescrit. C'est en faisant route à pleine vitesse dans la direction opposée, au cours des heures de repas, que l'on a pu habituellement tourner cette difficulté. Cependant, l'expérience a montré que l'on faciliterait les opérations d'évacuation en autorisant le rejet sur une zone plus étendue.

b) - Voyages suivants

Une fois le premier voyage terminé, il restait à évacuer les 30 700 conteneurs de boues en provenance de Marcoule, dont le poids total était de 8 735 tonnes. Il avait été décidé de procéder à cette évacuation au cours de quatre voyages consécutifs. Comme nous l'avons déjà vu, ces fûts de boues devaient être manipulés et immergés en position verticale pour éviter les risques éventuels de contamination par le couvercle. Ce type de manipulation étant tout à fait inhabituel, il a fallu concevoir des dispositifs spéciaux, aussi bien pour le chargement du navire que pour les opérations de rejet en mer. Les conteneurs étaient tous constitués par des fûts de type pétrolier d'un poids moyen de 285 kg environ et l'uniformité de leur dimension et de leur poids a constitué un facteur qui est intervenu pour beaucoup dans le succès de l'opération.

(i) Chargement

Comme pour le premier voyage, le TOPAZ a été amarré à un ponton en acier, lui-même amarré au quai, et l'on a eu recours à une double manutention des conteneurs à partir des wagons de chemin de fer jusque dans les cales du navire. Des colliers à serrage à vis (que l'on peut voir très clairement sur la photo n° 5 et également sur les suivantes) ont été utilisés pour décharger les conteneurs des wagons de chemin de fer et les charger ensuite dans les cales du navire, où ils étaient déplacés au moyen de chariots.

Lorsque les conteneurs avaient été arrimés correctement dans la position verticale, ils se présentaient en couches régulières et formaient une cargaison compacte et homogène. Au début de l'opération de chargement, un plancher a été disposé entre les différentes couches de fûts, afin de faciliter les déplacements des chariots. Par la suite, on a dû renoncer à ce procédé pour pouvoir bénéficier de toute la hauteur disponible dans les cales. Des plaques de tôle ont alors été utilisées pour amener les fûts en position, après quoi elles étaient retirées. La forme des cales à fond plat ainsi que leur système de fermeture ont permis, d'autre part, d'utiliser au mieux la capacité du navire, ainsi que le montre la photo n° 6.

Soixante-dix dockers appartenant à la Chambre de Commerce de Cherbourg ont participé aux opérations de chargement. Six équipes de 11 dockers et 4 contremaîtres se sont relayées à trois postes de chargement. Chaque docker recevait, pour toute la durée des opérations de chargement, des chaussures de sécurité, des vêtements de protection et des gants, afin de limiter à la fois les risques de blessures pouvant résulter de la manutention des conteneurs et les risques de contamination.

Les opérations de chargement ont duré sept jours pour le premier voyage, cinq jours pour les deux suivants et quatre jours pour le dernier. Ces opérations ont été perturbées pour les trois premiers voyages par le passage de paquebots pour lesquels les dockers devaient travailler en priorité, mais une habitude croissante des méthodes de chargement utilisées a permis de réaliser les opérations de chargement avec une efficacité toujours plus grande. De même, les quantités qu'il a été possible de charger sur le navire ont été en constante augmentation, grâce à une meilleure utilisation du volume disponible dans les cales.

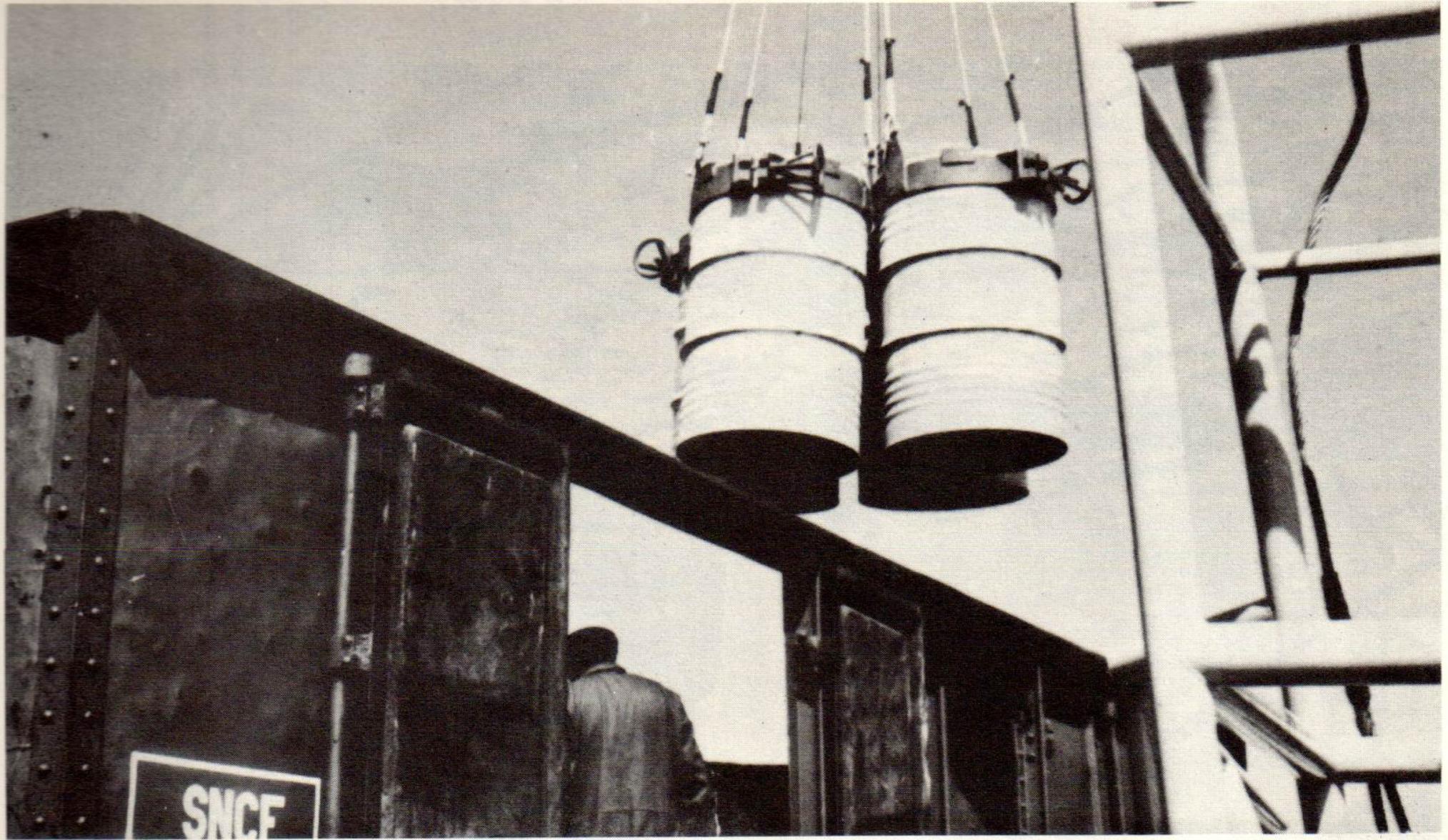
(ii) Opérations de rejet

Les installations de rejet consistaient essentiellement en 24 colliers de manutention, qui sont visibles sur la photo n° 5, et deux plates-formes de rejet spécialement conçues. Toutes ces installations avaient été mises au point dans le but de conserver constamment les conteneurs en position verticale. Les plates-formes de rejet que l'on peut voir sur les photos n° 7 à n° 12 ont été érigées pour permettre un rythme élevé de rejet en mer et pour procurer à l'équipage des conditions de travail sûres. Construites en tubes métalliques, elles ont été installées et essayées pendant le chargement de la première cargaison de fûts de boues.

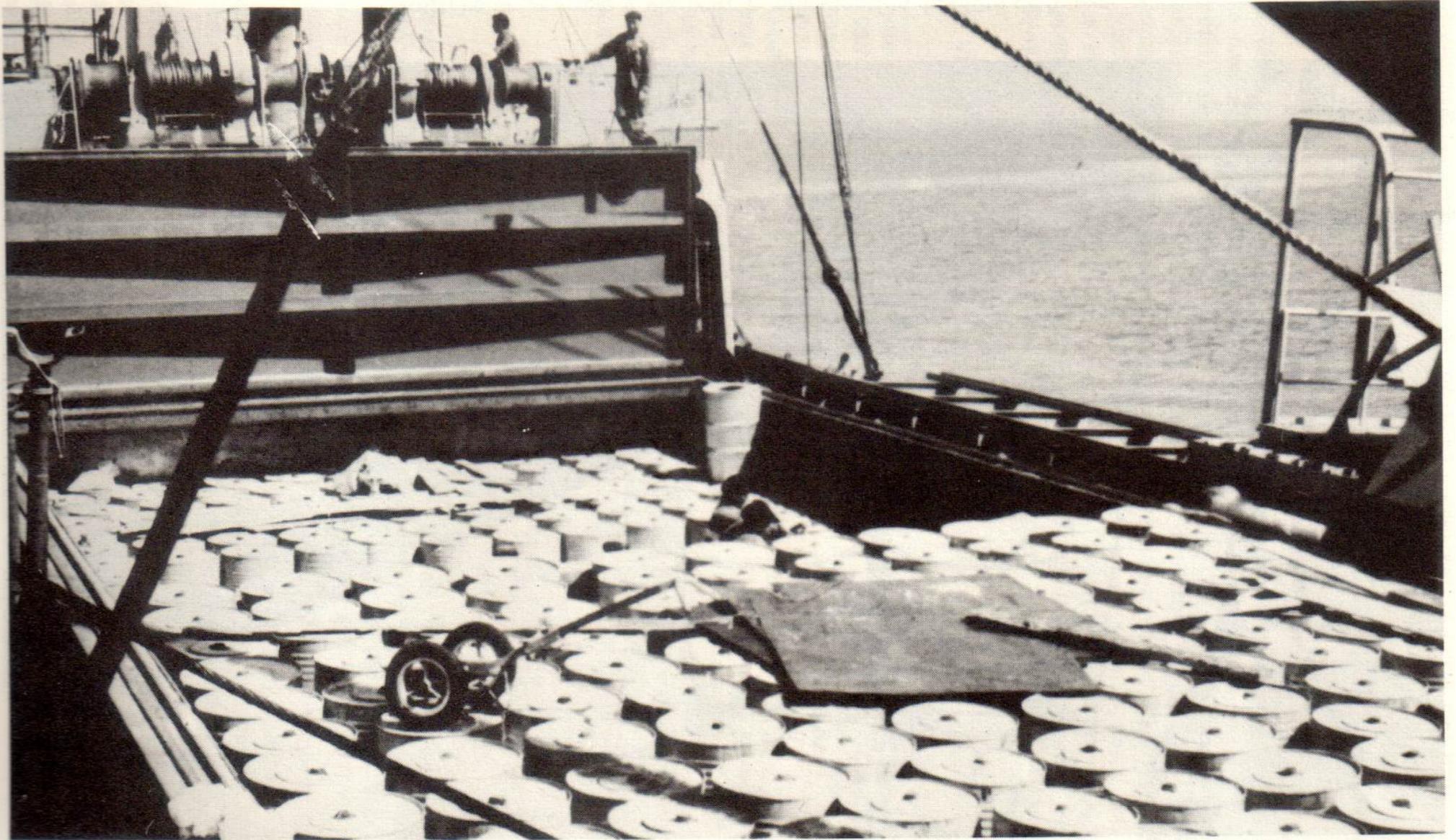
Les plates-formes de rejet étaient conçues pour limiter les efforts de l'équipage au cours du transfert des conteneurs dans la position de rejet. Ainsi qu'on peut le voir sur la photo n° 10, le plancher des plates-formes consistait en un plan incliné formé de rouleaux métalliques descendant jusque dans un puits, où les fûts se positionnaient immédiatement avant le rejet et qui permettait de les maintenir en position verticale à leur entrée dans la mer.

Après leur arrivée sur la plate-forme, ils étaient amenés par simple gravité dans une cage de réception et ensuite jusqu'au puits de rejet, sans qu'aucune manœuvre ne soit requise de la part de l'équipage. Un système avait été incorporé à la plate-forme pour arrêter les conteneurs avant qu'ils ne parviennent au puits de rejet, et permettait aux hommes d'équipage d'enlever les colliers métalliques et de placer sur les couvercles des conteneurs les systèmes d'égalisation de pression.

Deux plates-formes de rejet étaient installées sur le côté tribord du navire. Elles étaient montées sur rail et pouvaient être déplacées en avant ou en arrière suivant les nécessités, afin que chacune d'elles puisse être utilisée pour le déchargement de deux cales, ainsi qu'il est montré sur les photos n° 7 et n° 8. Deux hommes d'équipage plaçaient les colliers (du type utilisé pour le chargement du navire) en position sur les fûts, qui étaient



Colliers de serrage à vis pour la manutention des fûts de boues



Vue générale d'une cargaison de fûts de boues

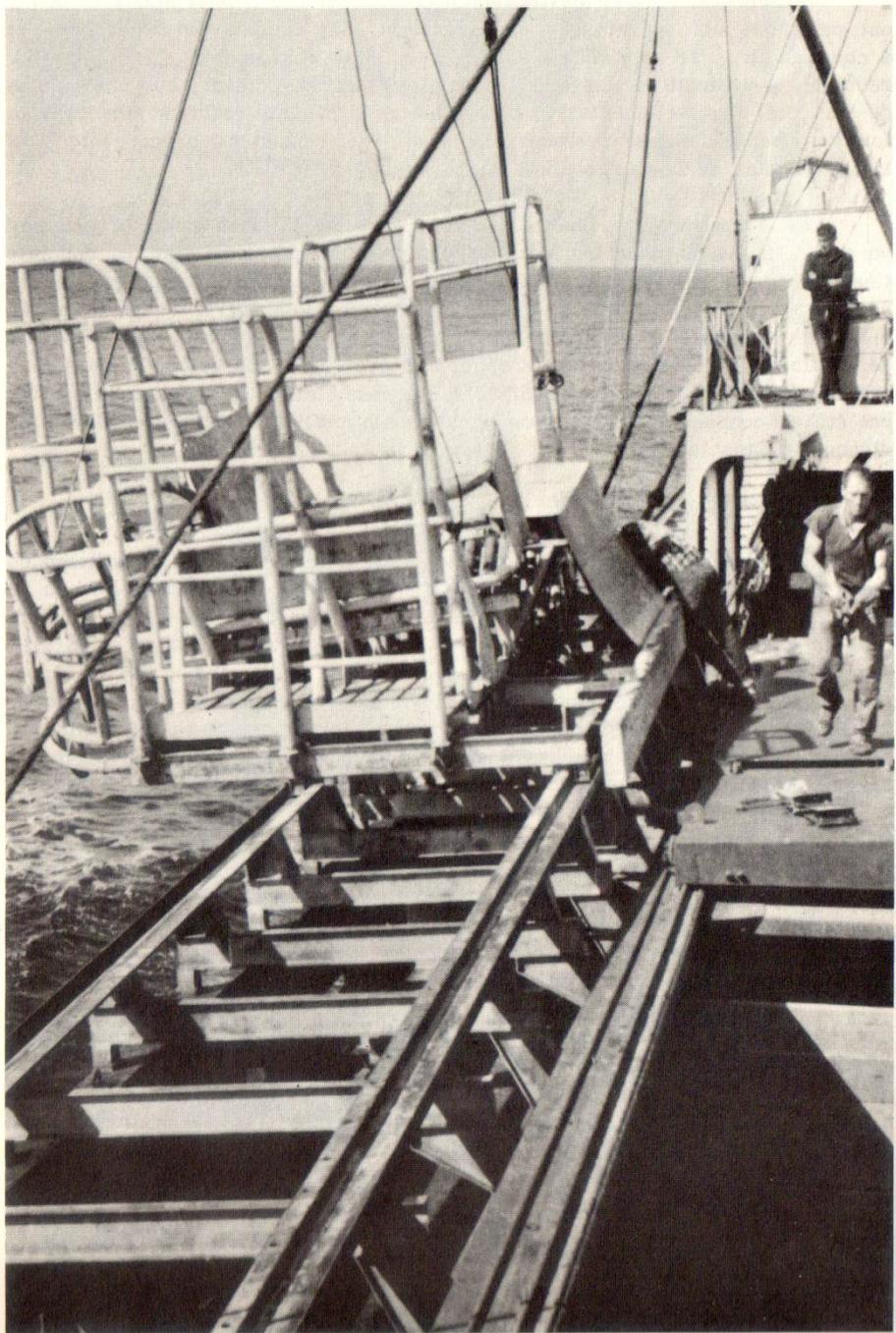
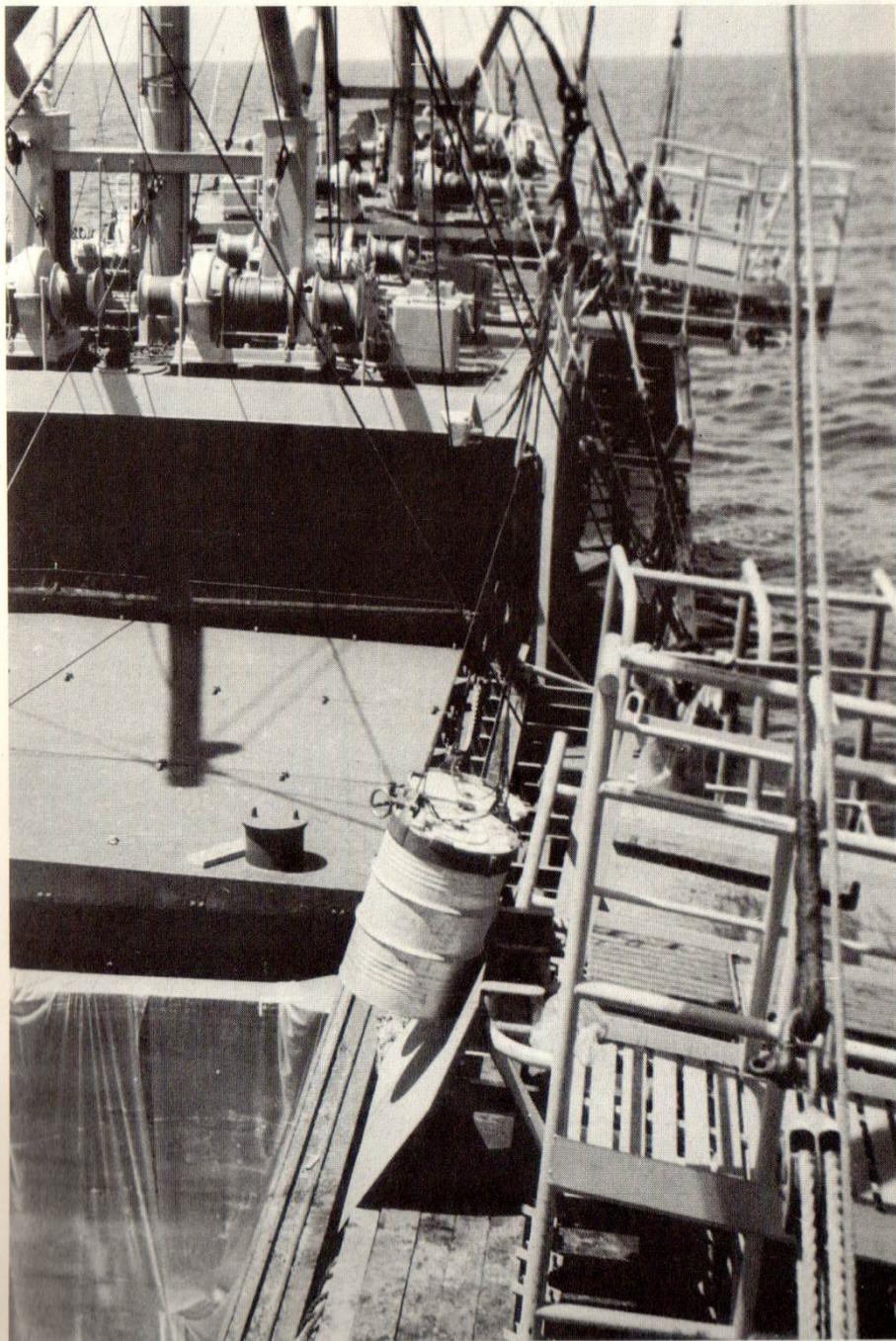


Plate-forme de rejet pour les fûts de boues



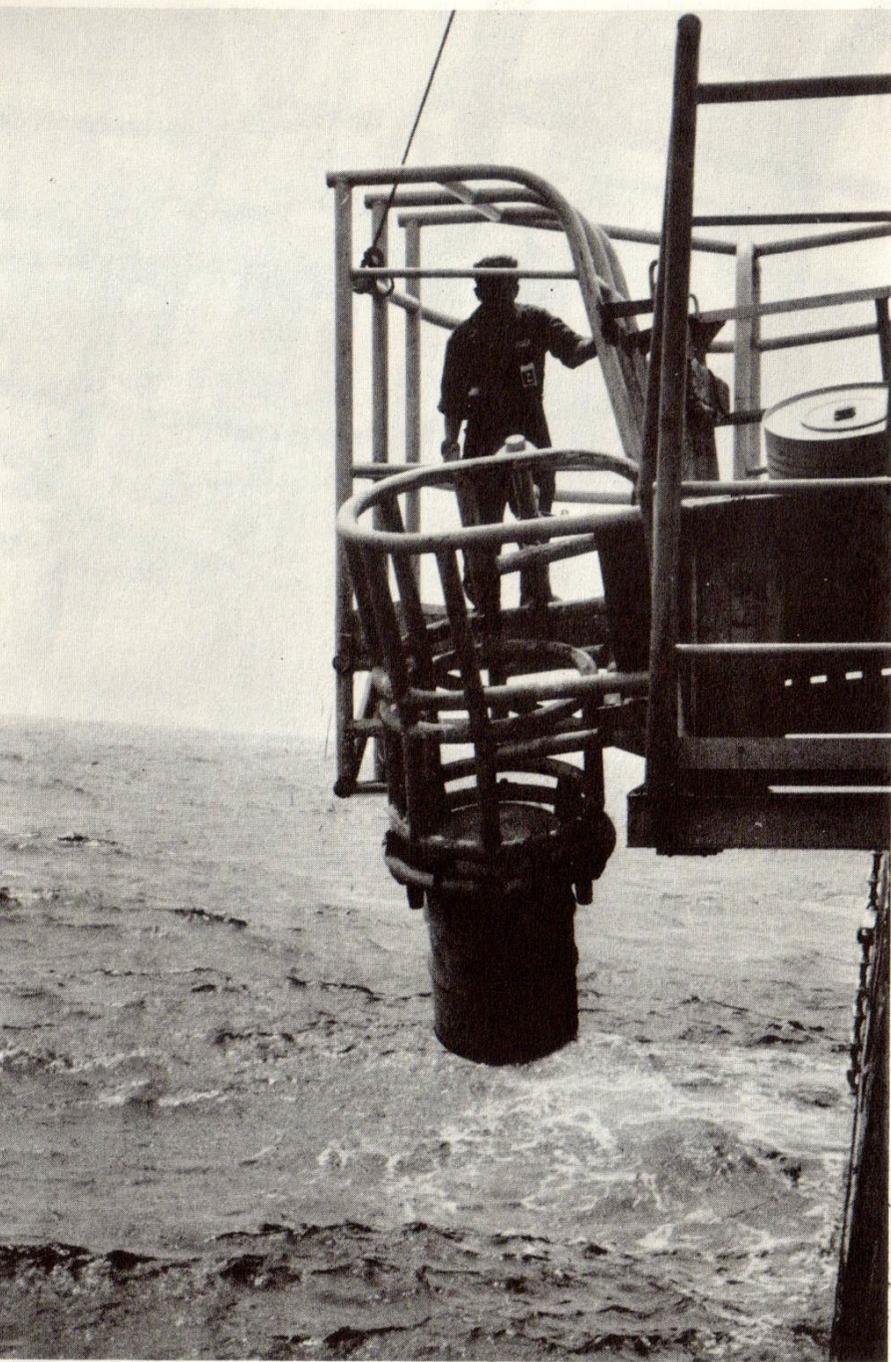
Arrivée des fûts de boues sur la plate-forme de rejet.
Des plateaux d'acier ont été ajoutés pour faciliter cette opération



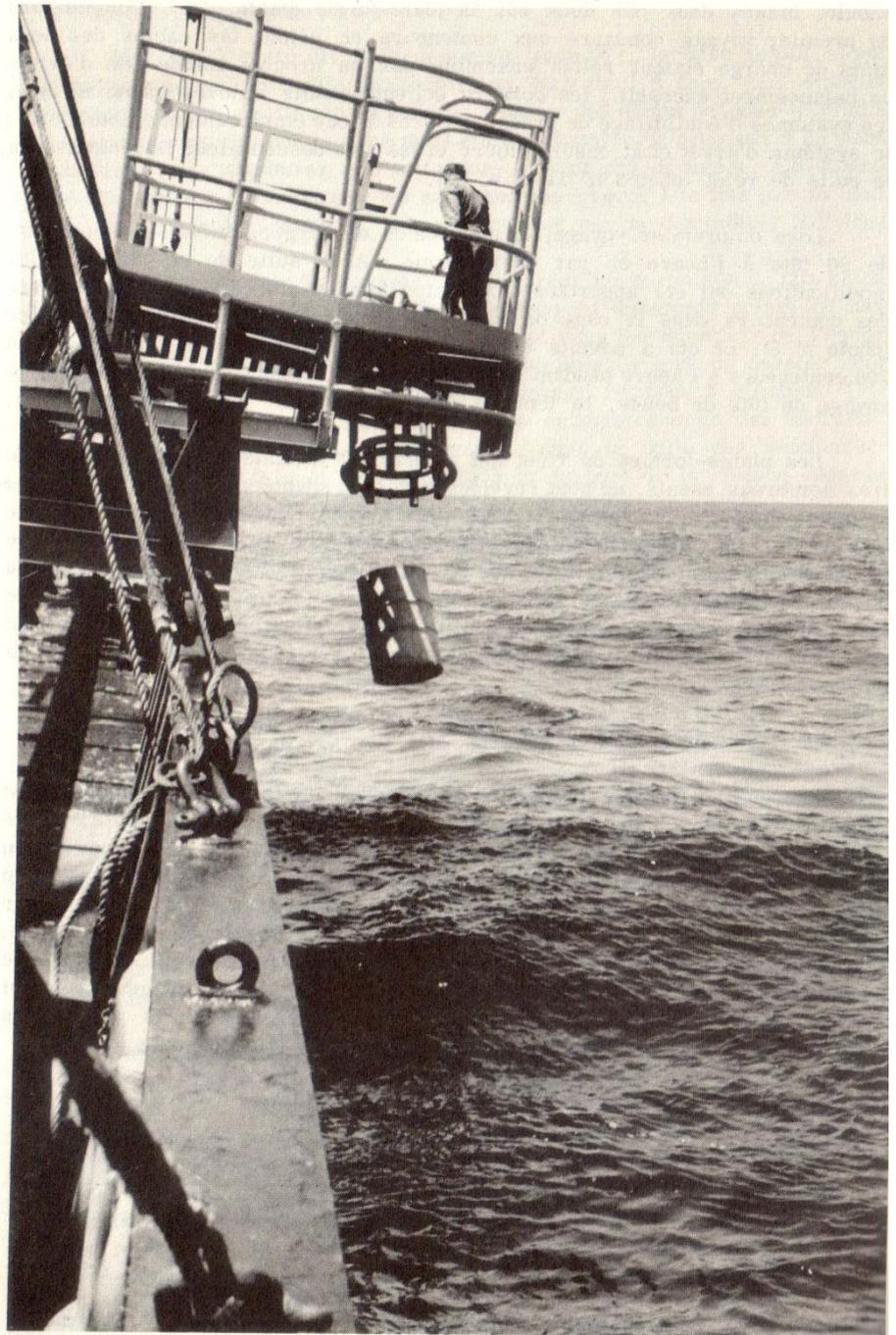
Enlèvement des colliers



Mise en place du dispositif d'égalisation de pression



Rejet des fûts de boues



Rejet des fûts de boues

ensuite hissés deux par deux sur la plate-forme (photo n° 8). Comme lors du premier voyage consacré aux conteneurs en béton, les câbles des deux mâts de charge étaient reliés ensemble par un crochet unique afin d'éviter un balancement excessif ; les colliers étaient ensuite enlevés (photo n° 9) et les systèmes d'équilibrage de pression vissés à leur emplacement (photo n° 10) ; le système d'arrêt était ensuite libéré et les fûts descendaient librement dans le puits de rejet (photos n° 11 et n° 12).

Lors du premier voyage, la cadence du déchargement était au maximum de 60 fûts à l'heure et par plate-forme. A la suite de ce voyage, des modifications ont été apportées aux plates-formes afin de faciliter l'arrivée des conteneurs dans la cage de réception : on a ajouté des plaques d'acier (photo n° 8), ce qui a permis d'atteindre des cadences de déchargement de 100 conteneurs à l'heure pendant les opérations suivantes. A partir du deuxième voyage de fûts de boues, le tonnage évacué atteignait 350 tonnes par jour.

Les plates-formes de rejet qui avaient été soumises au préalable à de très nombreux essais, se sont révélées très bien adaptées à ce genre de rejet et ont permis aux marins du TOPAZ de travailler en toute sécurité lorsque les conditions atmosphériques étaient défavorables, ce qui permettait de réduire de façon importante les retards qui pouvaient en résulter. De même que les dockers qui effectuaient le chargement, les matelots avaient été équipés de vêtements de travail, de gants de toile et de chaussures de sécurité qui les protégeaient contre les risques de contamination et aussi contre les accidents de travail classiques.

(iii) Calendrier des opérations

Les quatre voyages consacrés à l'évacuation des fûts de boues se sont déroulés entre le 8 juin et le 22 août 1967, date à laquelle le TOPAZ a été autorisé à reprendre ses activités commerciales habituelles. La manutention des fûts de boues en position verticale s'est révélée, en définitive, beaucoup plus rapide que prévu et c'est avec une avance d'environ trois semaines sur les prévisions que l'opération a pu être terminée. Dès le deuxième voyage, les dockers et l'équipage du TOPAZ pouvaient mettre à profit l'expérience acquise et effectuer le travail dans des conditions plus avantageuses, ainsi qu'il ressort clairement du tableau ci-dessous, qui résume le programme réalisé au cours des quatre voyages consacrés aux fûts de boues.

Voyage	Arrivée à Cherbourg	Chargement	Rejet en mer	Quantités en tonnes
N° 1	8 juin	7 jours	10 jours	2 162
N° 2	29 juin	5 jours	6 jours	2 172
N° 3	18 juillet	5 jours	6 jours	2 198
N° 4	3 août	4 jours	6 jours	2 203

c) - Contrôle des radiations à bord

Ainsi qu'il a été dit précédemment (page 26), la dose limite allouée à l'équipage pour l'ensemble de l'opération était de 1,5 rem. Les expériences précédentes et les estimations établies à partir des débits de dose d'irradiation des conteneurs avaient montré qu'il était nécessaire de procéder à un contrôle minutieux pour s'assurer que cette dose n'était pas dépassée. Ce contrôle a été effectué sur le navire par les responsables à bord, à la fois par un contrôle des radiations provenant de la cargaison et par la dosimétrie individuelle.

Pendant et après le chargement de la première cargaison de fûts bétonnés, des contrôles de radiations ont été effectués en différents points du navire, en particulier dans la salle des machines et dans les quartiers de l'équipage. Les résultats des mesures de débit de dose obtenus lors du dernier contrôle effectué à Cherbourg pour le premier voyage figurent à l'Annexe IV. Ils représentent les valeurs les plus élevées enregistrées en des endroits très proches de la cargaison. Par exemple, dans la salle des machines, une valeur de 1,5 mR/h a été enregistrée à la surface de la cloison séparant ce compartiment de la cale n° 4 qui lui est adjacente.

Pour le premier voyage, qui impliquait un chargement dans cinq ports différents, il n'a pas été possible de réaliser une protection autour des conteneurs à débits de dose élevés par des conteneurs moins actifs, et ils ont été répartis à peu près également dans les quatre cales. Pour les voyages suivants, les cargaisons de fûts de boues ont pu cependant être disposées de manière à réduire, dans toute la mesure du possible, la dose d'irradiation délivrée à l'équipage. Seuls les conteneurs ayant un débit de dose à la surface inférieur à 50 mR/h ont été mis dans la cale n° 4, qui est contiguë aux locaux de l'équipage. Les conteneurs les plus actifs étaient disposés dans les couches supérieures de la cale n° 1, à l'extrémité avant du navire, et étaient parmi les premiers à être rejetés. L'Annexe V donne les résultats du contrôle de radiations effectué après le chargement de la cargaison du premier voyage consacré aux fûts de boues. Le débit de dose sur le pont, notamment près des quartiers de l'équipage, était beaucoup moins élevé que celui enregistré au premier voyage. Des contrôles identiques ont été effectués pour chacun des voyages ultérieurs et ont permis aux responsables à bord d'établir des instructions relatives aux déplacements de l'équipage sur le navire.

Les dispositions adoptées pour le chargement des fûts de boues ont permis également de réduire d'une manière importante la dose reçue par l'équipage, à la fois pendant le voyage jusqu'à la zone de rejet et pendant l'évacuation en mer. A cet égard, l'équipage a accepté le principe d'une rotation pour les différents postes de travail au cours des opérations de rejet. Cette rotation inhabituelle des diverses tâches est devenue plus facile à organiser vers la fin du rejet, au fur et à mesure que ces opérations devenaient plus routinières et l'équipage plus expérimenté. Respectant les consignes données par les responsables à bord, l'équipage a évité de stationner inutilement auprès des conteneurs.

A chaque voyage, des dosimètres photographiques, fournis par l'UKAEA, ont été distribués à l'équipage. Pour le premier voyage, avec la cargaison de fûts bétonnés, la dose individuelle la plus élevée qui ait été enregistrée

était de 0,3 rem, pour une dose moyenne de 0,11 rem. La dose totale reçue par l'équipage au cours de l'évacuation des fûts de boues a sensiblement diminué entre le second et le cinquième voyage, et ceci était dû à une amélioration des cadences de déchargement et à une meilleure disposition des conteneurs dans les cales. La dose moyenne intégrée par personne a été voisine de 0,5 rem pour les cinq voyages, ce qui peut être comparé à une dose moyenne intégrée inférieure à 0,4 rem pour les dockers qui ont effectué le chargement des fûts de boues. Ces doses sont restées nettement inférieures aux limites recommandées par l'ICRP. Aucune contamination du personnel ne s'est produite au cours de l'opération.

Un très grand soin avait été pris pour éviter une contamination importante des cales du navire. Ainsi qu'il a déjà été mentionné, une décontamination des cales n° 1 et 2 a été effectuée à Cherbourg avant le chargement de la première cargaison de fûts de boues. Pour le premier voyage consacré à ces fûts, les cales avaient été recouvertes de feuilles de vinyle destinées à les protéger contre la contamination. Cette méthode a cependant été à l'origine de difficultés lorsque de l'eau pénétrait dans les cales et, par la suite, le vinyle a été remplacé par du papier kraft et de la sciure qui absorbaient cette eau. Les cales étaient nettoyées à l'issue de chaque voyage. Le matériel contaminé, qui se résumait en fait à peu de chose, était enlevé pour être évacué plus tard comme déchet radioactif.

Un spécialiste en matière de décontamination est resté à bord pendant les quatre voyages exigés pour les fûts de boues, afin de faire face aux risques de contamination qui étaient susceptibles de se produire en raison même de la nature de la cargaison. Pendant le retour du dernier voyage et à l'arrivée à Cherbourg, le navire a été entièrement décontaminé. A Cherbourg, une équipe de 10 personnes, utilisant des équipements spéciaux, a pris part aux opérations de décontamination qui se sont déroulées pendant 24 heures sans interruption. Lorsque la décontamination a été terminée, le TOPAZ a été autorisé à reprendre ses activités commerciales habituelles le 22 août 1967. Une photocopie du certificat délivré au capitaine figure à l'Annexe VI de ce rapport.

V. COÛTS DE L'OPERATION

On n'a pas tenté, dans l'étude des coûts qui figure dans le tableau ci-joint, de faire une estimation des coûts intervenus au cours des différentes étapes du traitement et de la préparation des déchets pendant la phase nationale. Ces coûts, qu'il serait en fait très difficile d'évaluer, nécessiteraient une étude très approfondie et seraient, en tout cas, fortement influencés par des facteurs d'ordre local. Les chiffres présentés ne se rapportent donc qu'aux opérations de transport pendant la phase nationale ; par contre, ils représentent le coût total de la phase internationale.

Etant donné le caractère expérimental de cette opération, il est permis de penser que les coûts de la phase internationale ont été plus élevés que ceux auxquels on pourrait s'attendre pour d'autres opérations de ce genre. L'expérience qui a été acquise, ajoutée au fait que l'opération s'est déroulée sans incident notable, laisse supposer avec quelque raison que les coûts relatifs à toute autre opération de ce genre refléteraient une diminution des charges destinées à couvrir les frais résultant de situations imprévues. Le fait que les déchets rejetés au cours du premier voyage du TOPAZ provenaient de cinq pays et étaient chargés dans cinq ports différents, a contribué également à un accroissement des coûts, en affectant sérieusement la durée d'utilisation effective du navire.

Le coût de la phase internationale indiqué dans le tableau correspond à la somme totale de tous les frais encourus dès l'arrivée des déchets au port de chargement jusqu'à leur rejet en mer, c'est-à-dire :

- (a) la location du navire pendant toute l'opération, ainsi que la couverture des frais de combustibles ;
- (b) les charges portuaires ;
- (c) les frais de chargement de la cargaison sur le navire et de déchargement dans la zone de rejet ;
- (d) la construction des plates-formes de rejet ;
- (e) les frais d'assurance : en supplément de l'assurance qui couvrait l'opération proprement dite, une assurance avait également été contractée pour couvrir les frais de location supplémentaires résultant d'une immobilisation éventuelle du navire pour décontamination à la fin de l'opération ;
- (f) la rémunération des services de l'agent maritime.

Ces frais ont été partagés entre les organisations nationales qui participaient à l'opération sur la base suivante : tous les frais de chargement, les charges portuaires et les autres frais supplémentaires directement attribuables

à un acte d'une des organisations en particulier devaient être payés par cette organisation ; tous les autres frais, y compris les frais imprévus, ont été partagés entre les participants, proportionnellement au tonnage de leurs chargements respectifs. L'opération s'étant déroulée sans aucun incident ni retard notable, les différences qui apparaissent dans le coût du transport international pour les divers pays participants sont dues essentiellement aux frais de main-d'œuvre pour le chargement du navire, à la durée de ce chargement et au montant des charges portuaires. Les valeurs en livres sterling qui figurent dans le tableau correspondent au cours moyen en vigueur pendant l'été 1967. De même, les frais de transport à l'intérieur de chaque pays varient sensiblement selon le mode de transport choisi, la distance, le type des conteneurs, etc.

Les valeurs qui figurent dans le tableau ne sont donc destinées qu'à donner une idée générale du coût des opérations de transport et de rejet au cours de l'évacuation en mer de déchets radioactifs emballés.

COÛTS DE L'OPERATION

Pays	Phase nationale Coût approximatif par tonne	Phase internationale Coût approximatif par tonne	Coût total approximatif par tonne
ROYAUME-UNI			
1. Harwell- Newhaven (190 km) (485 tonnes)	£3. 6s. 0d. (1)		
2. Aldermaston- Newhaven (180 km) (119 tonnes)	£4. 5s. 0d. (2)	£6. 11s. 0d.	<u>£10</u>
3. Winfrith- Newhaven (180 km) (120 tonnes)	£3. 7s. 2d. (3)		
ALLEMAGNE			
Karlsruhe-Emden (600 km) (180 tonnes)	60 DM	115 DM (£10. 5. 0.)	175 DM soit <u>£15. 12. 0.</u> (£1 = 11,20 DM)

COÛTS DE L'OPERATION (suite)

Pays	Phase nationale Coût approximatif par tonne	Phase internationale Coût approximatif par tonne	Coût total approximatif par tonne
PAYS-BAS			
Petten-Ijmuiden (80 km) (207 tonnes)	17 Fl.	88 Fl. (£8. 13. 0.)	105 Fl. soit <u>£10</u> (£1 = 10,13 Fl.)
BELGIQUE			
Mol-Zeebrugge (200 km) (600 tonnes)	500 FB (4)	970 FB (£7. 19. 0.)	1 470 FB soit <u>£10</u> (£1 = 140 FB)
FRANCE			
Marcoule- Cherbourg (900 km) Fûts bétonnés (450 tonnes)	100,70 FF	£8. 12. 11. (environ 120 F)	220 FF soit <u>£16</u>
Fûts de boues (8 735 tonnes)	98,30 FF	£8. 3. 8. (environ 112 F)	210 FF soit <u>£15. 7s.</u> (£1 = 13,70 FF)

(1) Cette valeur représente : les frais de transport de Harwell à Didcot, les frais de chargement des wagons, les droits de grue à Didcot, le coût du transport par voie ferrée de Didcot à Newhaven, les frais à la charge de l'UKAEA à Newhaven, y compris ceux concernant le transport des passagers.

(2) Cette valeur représente : les frais de transport d'Aldermaston à Padworth, les frais de chargement des wagons, les droits de grue, le coût du transport par voie ferrée de Padworth à Newhaven.

(3) Cette valeur représente : les frais du transport effectué par les British Road Services, ainsi que les frais des véhicules et personnel d'escorte de l'UKAEA.

(4) Cette valeur représente : les frais d'assurance, les droits de grue, les frais de transport jusqu'à la gare de Mol, et ceux du transport de la gare de Mol au port de Zeebrugge.

VI. CONCLUSIONS

Au cours des cinq voyages du TOPAZ, quelque 35 800 conteneurs, d'un poids voisin de 10 900 tonnes au total, ont été rejetés à une profondeur supérieure à 5 000 mètres, sans qu'il y ait eu à déplorer d'incident, que ce soit du point de vue de la sécurité générale ou de la protection contre les radiations.

L'objectif de cette opération était d'établir, sur une base internationale, le moyen d'évacuer des déchets radioactifs solides dans la mer, en toute sécurité et sans dommage pour le milieu marin. La minutie des préparatifs et le contrôle rigoureux de l'opération elle-même témoignent du soin avec lequel cette tâche a été entreprise. Rien n'a été laissé au hasard et lorsque des hypothèses ont été introduites, elles l'ont toujours été en penchant délibérément du côté de la sécurité.

Un autre objectif de l'opération, qui a été aussi pleinement atteint, consistait à dégager en commun les techniques opérationnelles permettant de concilier les exigences de la sécurité avec la rapidité d'exécution et des charges financières raisonnables. Une expérience très précieuse a été ainsi acquise dans les cinq pays participants et, dans la mesure où cela a été possible, d'autres pays intéressés ont pu pénétrer utilement la nature des problèmes rencontrés. Des bases solides sont désormais établies pour permettre la réalisation d'opérations semblables, dans l'avenir, par des pays qui ont à faire face à des problèmes d'évacuation de déchets solides.

VII. REMERCIEMENTS

Le succès de l'opération sur le plan technique n'aurait pas été possible sans la coopération sans réserve manifestée par un grand nombre de personnes dans les cinq pays participants : le personnel professionnel et technique représentant les centres d'où provenaient les déchets ; le personnel de nombreux services administratifs nationaux qui ont dû être consultés sur des questions ayant trait aux règlements en vigueur, et bien d'autres personnes dont les efforts combinés ont permis de mettre sur pied les plans nationaux et internationaux, dont la conjonction a permis de jeter les bases de l'opération. Il serait vain de chercher à citer plus spécialement l'une que l'autre, car il s'est vraiment agi d'un effort collectif.

Mais de nombreuses personnes qui n'appartiennent pas au monde nucléaire ont également joué un rôle essentiel dans l'opération. On doit remercier en particulier le Dr. H. Kautsky, de l'Institut Allemand d'Hydrographie de Hambourg, et le Professeur V. Romanovsky, Directeur du Centre d'Etudes et de Recherches Océanographiques de Paris, qui ont entrepris des études originales et des travaux de compilation sur les caractéristiques physiques de l'Atlantique nord-est et les ont replacées dans le contexte de l'opération ; le Dr. W. Feldt, de l'Institut Fédéral de Recherches pour la Pêche de Hambourg-Alsterdorf, qui a effectué une enquête personnelle sur les mécanismes de la biologie marine par lesquels la radioactivité des déchets pouvait être transmise, et a ainsi trouvé confirmation de la marge de sécurité considérable introduite sur ce point dans l'Evaluation des Risques ; M. C. Dawson, le directeur des services d'affrètement de l'agent maritime choisi, la société Lep Transport Limited, dont les connaissances étendues en matière de pratiques maritimes ont été garantes de l'efficacité et du réalisme des plans de l'opération. Un grand mérite leur revient à tous, ainsi qu'à beaucoup d'autres qui ont apporté un concours personnel à la préparation de l'opération.

Le soin particulier qui a présidé à la mise sur pied de l'opération, aurait été inutile si, dès le départ, une totale harmonie ne s'était établie dans les relations de travail entre le capitaine du TOPAZ et son équipage, d'une part, et les responsables à bord, d'autre part. L'excellent état d'esprit qui s'est manifesté en mer tout au long de l'opération, était dû tout particulièrement au Capitaine A.R. McKay, dont la contribution personnelle au succès de l'opération n'a pas été la moins importante.

Enfin, il convient d'adresser des remerciements aux navires météorologiques stationnés dans l'Atlantique oriental, qui ont diffusé de très précieux rapports sur les conditions atmosphériques et qui ont obligeamment assuré la réception et la transmission de messages entre le TOPAZ et les autorités sur le continent, grâce à la puissance de leur équipement. Ceci s'est avéré particulièrement utile lorsqu'il était nécessaire de prévoir le transport des déchets à terre en fonction de la date du retour du TOPAZ à Cherbourg.

ANNEXE I

EVALUATION DES RISQUES

Le groupe d'experts a évalué les risques en utilisant les données scientifiques et les résultats d'opérations antérieures dont on dispose. Dans certains cas, cependant, il n'a pas été possible d'obtenir des informations certaines sur des points nécessaires à l'évaluation et, dans de tels cas, le groupe a fait des hypothèses introduisant des facteurs de sécurité jugés satisfaisants.

1 - Libération de matières radioactives par les récipients

En pratique la libération de matières radioactives par des conteneurs bien conçus et solidement construits sera répartie sur une longue période. Des programmes expérimentaux ont montré que la durée de vie probable de conteneurs placés au fond de la mer atteint certainement dix ans et peut éventuellement être beaucoup plus longue. Pour simplifier l'évaluation, le Groupe a admis que les conteneurs ne libéreront pas de matières radioactives pendant les dix premières années après leur rejet et que toute l'activité sera alors libérée en une seule fois. Pour certains récipients et en particulier pour ceux dans lesquels les déchets sont incorporés dans du bitume, cette hypothèse donne une grande marge de sécurité.

2 - Transport et dilution de la radioactivité dans la mer

Le modèle le plus simple que l'on puisse adopter pour calculer la dilution consiste à examiner le cas d'une libération ponctuelle au temps $t = 0$, et à étudier la dispersion subséquente de cette activité par diffusion dans les trois dimensions. Dans ces conditions, la solution de l'équation de diffusion est donnée par :

$$\rho = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} S_x S_y S_z} \exp \left[-\frac{x^2}{2S_x^2} - \frac{y^2}{2S_y^2} - \frac{z^2}{2S_z^2} \right]$$

$$S^2 = 2Jt \quad \text{ou} \quad J = \frac{S^2}{2t}$$

Dans ces équations, ρ désigne la concentration dans l'eau de mer au point de coordonnées x, y, z ; S est "l'écart type" de la distribution de Gauss; Q est la quantité de radioactivité libérée et J le coefficient de diffusion dans chacune des trois dimensions.

La profondeur de la mer dans la région considérée est de 5 000 mètres, mais il peut se produire quelques phénomènes de remontée des profondeurs jusqu'à environ 1 000 mètres.

La valeur convenable de S_z est donc d'environ 4 000 mètres, soit 4×10^5 cm. Les estimations du temps de séjour des eaux profondes vont de 30 ans à 1 500 ans et on suggère d'adopter la valeur de 100 ans comme base pour la présente évaluation. Ceci correspond à 3×10^9 secondes. On peut dès lors évaluer l'ordre de grandeur du coefficient de diffusion verticale:

$$J_z = \frac{1,6 \times 10^{11}}{6 \times 10^9} \sim 10 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Cette valeur du coefficient de diffusion verticale correspond à un ordre de grandeur convenable.

Un autre mécanisme de transport vertical peut être constitué par des courants ascendants de faible vitesse. Dans l'étude de Saint Guily (Deutsche Hydrogr. Zeitschr., 16 (6) 1963), l'auteur admet une vitesse moyenne de 10 cm/jour. Dans ces conditions, il faudra environ 100 ans à l'eau pour s'élever de 4 000 mètres. La combinaison de ce processus et du phénomène de diffusion ne fera que modifier légèrement l'échelle des temps par rapport à ce qu'elle est dans le cas de l'un ou de l'autre des deux phénomènes supposés agissant seuls.

Il est moins aisé d'évaluer la diffusion dans le plan horizontal, mais il ne paraît pas vraisemblable que l'étendue de cette diffusion soit inférieure à environ 100 km au cours de la période de temps pendant laquelle la diffusion verticale a permis aux matières radioactives d'atteindre la thermocline. En faisant la même hypothèse sur l'échelle des temps, on obtient des valeurs du coefficient de diffusion qui sont d'environ $10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Le fait d'admettre une valeur constante de J_x et J_y indépendante de l'évolution du processus de diffusion constitue une simplification exagérée. $10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ représente une valeur intermédiaire entre des valeurs beaucoup plus petites s'appliquant aux étapes initiales de la diffusion et des valeurs plus grandes que l'on pourrait éventuellement observer lorsque le matériau qui diffuse s'étend sur des distances de l'ordre de 100 km.

Le niveau général de concentration dans la région située au-dessous de 1 000 mètres au moment où l'activité atteint pour la première fois cette profondeur, peut être évalué en partant de la solution de l'équation de diffusion. Pour une libération initiale de 1 Ci, la concentration est de l'ordre de $3 \times 10^{-15} \text{ } \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$.

La pénétration de l'activité dans la couche mélangée en passant à travers les derniers mille mètres sera probablement lente et le mélange horizontal subséquent sera rapide. Néanmoins, les connaissances que nous avons des mécanismes de transport vertical dans cette région sont limitées et, comme la vitesse du mouvement vertical varie d'un point à un autre, on a admis que la concentration est transférée sans nouvelle diffusion jusqu'aux couches de surface. Pour une libération initiale de 1 Ci supposée complètement transférée aux couches de surface, ceci implique un mélange dans un volume représenté par un carré de mille kilomètres de côté et de 300 mètres de hauteur. Etant donné que dans la couche de surface le mélange se fait bien et qu'il existe

de forts courants de surface, le remplacement de l'eau de surface par de l'eau non contaminée se produira en une période de l'ordre d'un an. Ainsi la concentration de $3 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ correspondra à la libération d'un Ci/an au fond de la mer.

Dans le cas de nucléides ayant une période intermédiaire ou courte, il est nécessaire de considérer un autre facteur. Le temps qui s'écoule entre la libération d'activité et son transfert à la surface permet une diminution substantielle de l'activité par décroissance ; il est donc nécessaire d'évaluer ce temps. Si la diffusion est le seul mécanisme en cause, le chiffre de 100 ans suggéré ci-dessus est raisonnable. Toutefois, les courants horizontaux combinés avec la remontée de l'eau à partir d'une profondeur de 1 000 mètres environ peuvent éventuellement réduire localement ce temps, bien que ce ne puisse pas être le cas de façon très générale. Il peut y avoir aussi un certain transport biologique d'activité - bien que l'on n'ait jamais démontré que ce phénomène soit réellement important par rapport au phénomène de transport physique. Il semble inconcevable que ces phénomènes puissent réduire le temps de transit à moins de 10 ans et c'est, en conséquence, cette valeur qui a été adoptée.

Si l'on associe ce chiffre à la durée de vie probable des récipients contenant les déchets, qui est supposée être d'au moins 10 ans, on obtient une durée globale de 20 ans. Les nucléides pour lesquels un tel délai présente la plus grande importance sont ceux dont la période est d'environ un an. Pour des nucléides ayant des périodes plus longues, la décroissance est de moins en moins importante ; quant aux nucléides ayant une période plus courte, leur activité aura, pour la plus grande partie, décru avant que les déchets ne soient évacués dans la mer. Si, comme on le suggère quelquefois, 1 % des conteneurs sont endommagés immédiatement au moment où ils atteignent le fond de la mer, la quantité d'activité due aux nucléides ayant une période d'un an qui atteindra les couches de surface ne sera pas multipliée par un facteur supérieur à 10.

Les valeurs retenues pour effectuer la présente évaluation sont résumées ci-dessous.

En cas d'évacuation d'un curie par an dans des conteneurs placés au fond de la mer, la concentration dans l'eau de surface ne dépassera pas $3 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ et ce chiffre doit encore être réduit pour tenir compte d'un facteur de décroissance correspondant à une durée de 20 ans. Parmi les hypothèses faites pour arriver à cette conclusion, nombreuses sont celles qui comportent une marge de sécurité, et il est tout à fait possible que dans la conclusion finale on aboutisse à une marge de sécurité trop importante de plusieurs ordres de grandeur.

3. Effet de sédimentation

L'effet des phénomènes de sédimentation dans le voisinage du fond de la mer sera négligeable pour des éléments qui sont normalement présents dans l'eau de mer sous des formes solubles. Pour les éléments se présentant sous des formes insolubles, la sédimentation réduira la vitesse à laquelle de

tels éléments atteindront l'eau de surface et pourra même en fait les empêcher d'y parvenir. Le groupe d'experts n'a pas pu définir de bases quantitatives permettant de tenir compte de cet effet et a, par conséquent, admis l'hypothèse extrêmement prudente consistant à supposer que les phénomènes de sédimentation n'ont aucun effet sur la répartition des éléments, qu'ils soient présents sous des formes solubles ou insolubles.

Si les conteneurs s'enfoncent partiellement dans le fond de la mer, cela ne fera que donner une marge supplémentaire de sécurité.

4 - Reconcentration de la radioactivité dans des organismes marins et transfert subséquent à l'homme

Après examen des nucléides les plus susceptibles d'avoir de l'importance en raison de leur présence dans les déchets et de la conséquence de leur existence dans le milieu ambiant, il est apparu que dix nucléides devaient faire l'objet d'un examen individuel. Pour ces nucléides, il est possible de fixer les valeurs des facteurs vraisemblables de concentration dans les organismes marins. Ces valeurs diffèrent notablement selon les différents types d'organismes et, de manière générale, les chiffres retenus correspondent aux espèces pour lesquelles les facteurs de concentration sont les plus élevés. Les facteurs de concentration correspondant à une consommation variée de produits de la mer, hypothèse plus proche de la réalité, sont dans la plupart des cas au moins dix fois plus faibles que les précédents.

Nucléide	Facteur de concentration recommandé
^{54}Mn	10^4
^{55}Fe	10^4
^{60}Co	10^4
^{65}Zn	10^4
^{90}Sr	1
^{106}Ru	10^3
^{137}Cs	10^2
^{144}Ce	10^3
^{226}Ra	10^2
^{239}Pu	10^3

5 - Consommation de produits de la mer

Pour la présente évaluation, il a paru raisonnable d'admettre que certains groupes limités de population trouvent dans les produits de la mer la ration totale de protéines qui leur est nécessaire. On peut dire que, dans l'ensemble, la teneur en protéines des produits de la mer est de 20 % en poids et on admet ordinairement que les besoins en protéines représentent 1 g/jour par kg de poids du corps. Pour un homme normal, ceci correspond à une ration journalière de 70 g de protéines, soit à l'absorption d'environ 300 g de produits de la mer.

Ce chiffre est certainement trop élevé comme moyenne de la population, mais il n'est pas déraisonnable si l'on considère la consommation de produits de la mer faite par quelques petits groupes critiques.

6-Comparaison entre l'ingestion de radioactivité résultant de l'évacuation d'un curie par an au fond de la mer et la limite admissible recommandée par l'ICRP pour l'ingestion par des membres de la population pris individuellement

La valeur évaluée, I, de l'activité ingérée par les membres d'un groupe critique, par suite de l'évacuation d'un curie par an au fond de la mer, peut maintenant être obtenue en faisant le produit de la concentration dans l'eau, du facteur de décroissance, du facteur de concentration dans les organismes et de la consommation de produits de la mer. Dans ces conditions on a :

$$I = 3 \times 10^{-15} \times 2^{-\frac{20}{T}} \times Cf \times 300$$

$$= 2^{-\frac{20}{T}} \times Cf \times 10^{-12}$$

où T représente la période du nucléide en années et Cf le facteur de concentration pour le produit de la mer. La valeur évaluée de l'ingestion journalière peut alors être comparée à la valeur recommandée par l'ICRP, en faisant le produit de la concentration maximale admissible dans l'eau de boisson pour des personnes professionnellement exposées divisée par dix et de la consommation journalière d'eau pour laquelle on a adopté la valeur de 2200 g. Par suite,

$$MPI = 1/10 MPC_w \times 2200$$

$$= 200 MPC_w$$

Dans cette relation MPI est l'ingestion journalière maximale admissible pour des membres de la population pris individuellement et MPC_w est la concentration maximale admissible dans l'eau de boisson recommandée par l'ICRP pour des personnes professionnellement exposées à raison de 168 heures par semaine.

Comparaison des valeurs estimées d'ingestion par suite du dépôt d'un Ci/an au fond de la mer avec les valeurs maximales d'ingestion recommandées par l'ICRP pour les membres de la population pris individuellement

Nucléide (1)	MPI (μCi/jour) (2)	T (an) (3)	$2^{-\frac{20}{T}}$ (4)	Cf (5)	Ingestion estimée (μCi/jour)* (6)	Quotient (2)/(6)* (7)
⁵⁴ Mn	2×10^{-1}	1	10^{-6}	10 ⁴	1×10^{-14}	2×10^{13}
⁵⁵ Fe	2	3	10^{-2}	10 ⁴	1×10^{-10}	2×10^{10}
⁶⁰ Co	6×10^{-2}	5	1/20	10 ⁴	5×10^{-10}	1×10^8
⁶⁵ Zn	2×10^{-1}	1	10^{-6}	10 ⁴	1×10^{-14}	2×10^{13}
⁹⁰ Sr	8×10^{-4}	30	1	1	1×10^{-12}	8×10^8
¹⁰⁶ Ru	2×10^{-2}	1	10^{-6}	10 ³	1×10^{-15}	2×10^{13}
¹³⁷ Cs	4×10^{-2}	30	1	10 ²	1×10^{-10}	4×10^8
¹⁴⁴ Ce	2×10^{-2}	1	10^{-6}	10 ³	1×10^{-15}	2×10^{13}
²²⁶ Ra	2×10^{-5}	longue	1	10 ²	1×10^{-10}	2×10^5
²³⁹ Pu	1×10^{-2}	longue	1	10 ³	1×10^{-9}	1×10^7

* Bien que les ingestions estimées et les quotients aient été calculés avec un chiffre significatif pour éviter des confusions, seul l'ordre de grandeur a véritablement un sens en raison des grands coefficients de sécurité implicitement introduits dans l'évaluation.

7 - Doses d'irradiation reçues par les organismes marins

Lorsqu'on examine l'importance des doses d'irradiation auxquelles les organismes marins peuvent se trouver soumis, il convient de considérer deux cas différents. Au moment où l'activité atteindra les eaux de surface, elle sera très largement répartie et pourra intéresser des populations entières d'organismes. Il est important que les doses d'irradiation reçues ne dépassent pas beaucoup celles qui résultent du rayonnement ambiant et de la radioactivité normale. Une grande partie de ce rayonnement naturel provient du potassium-40 qui est à une concentration égale à environ 10 fois celle que l'on observe dans l'eau de mer, ce qui correspond à une activité d'environ 3×10^{-6} μCi/g.

On ne pense pas que, dans les opérations d'évacuation actuellement envisagées, l'activité totale dépasse 10 000 Ci/an. Même si l'on ne tient pas compte de la décroissance, la concentration correspondante dans les eaux de surface ne dépassera pas 3×10^{-11} μCi/cm³. C'est donc seulement dans les cas où les facteurs de concentration dépassent 10⁵ que la dose d'irradiation reçue par les organismes peut devenir comparable à celle qui provient du rayonnement ambiant naturel. Il convient de se rappeler que les évaluations qui conduisent à ces chiffres comportent d'importants coefficients de sécurité.

Les organismes benthiques se trouvant dans le voisinage de la zone d'immersion pourront être exposés à des doses supérieures à celles dues au rayonnement ambiant naturel, mais ceci ne sera vrai que dans une région de faible étendue, si bien que même si ces doses sont suffisantes pour causer des dommages à des membres de ces espèces pris individuellement, il n'y aura pas d'effet sur des populations considérées dans leur ensemble.

8 - Conclusions de l'évaluation des risques

De cette évaluation des risques, le groupe d'experts a conclu que l'évacuation de déchets solides radioactifs au fond de l'océan Atlantique à une cadence de l'ordre de 10 000 Ci/an ne donnera 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. Les experts ont conclu en outre qu'il n'y aura 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.

Le groupe d'experts désire souligner que les hypothèses qui ont été adoptées pour effectuer la présente évaluation introduisent de nombreux facteurs de sécurité, de sorte que l'évaluation finale peut comporter une marge de sécurité de plusieurs ordres de grandeur.

**CONDITIONS GENERALES QUE DOIVENT REMPLIR LES NAVIRES
EFFECTUANT L'EVACUATION DE DECHETS RADIOACTIFS EN MER**

- 1 - Le navire doit permettre un transport sûr et économique jusqu'à la zone d'évacuation approuvée.
- 2 - Le navire doit être doté des appareils de navigation suivants :
 - (a) Boussole magnétique efficace, avec table des déviations à jour ;
 - (b) Cartes appropriées, directives pour la navigation, liste des feux, liste des signaux radio, annuaire nautique en cours (Nautical Almanac), tables de navigation, etc. ;
 - (c) Loch enregistreur efficace ;
 - (d) Sextant et chronomètre ;
 - (e) Radar ;
 - (f) Decca ou autres appareils convenant à la navigation dans la zone choisie ;
 - (g) Appareil de sondage électronique pouvant enregistrer des profondeurs supérieures à 500 mètres ;
 - (h) Système de radio-direction ;
 - (i) Equipement radio émetteur-récepteur.
- 3 - L'armateur devra prévoir une quantité suffisante de dispositifs de calage et d'équipements pour assurer un arrimage convenable des conteneurs dans les cales, ainsi qu'un nombre suffisant de crochets d'un modèle agréé et autres dispositifs pour le levage des conteneurs durant le rejet.
- 4 - Le navire devra disposer d'un appareil de levage permettant la manutention de conteneurs d'un poids maximum de 3 tonnes. Cet appareil devra être conçu de telle façon que les conteneurs ne puissent osciller d'une manière excessive au cas où les conditions seraient défavorables pour le rejet.
- 5 - Les cales et fonds de cale devront être nettoyés et séchés avant le chargement à bord des déchets radioactifs ; on devra pouvoir disposer à cet effet de tuyauteries et de pompes. Chacune des cales devra être équipée d'une plate-forme de rejet de type agréé, se trouvant entre l'écoutille et le bord du navire et capable de résister au choc d'un conteneur de 3 tonnes.

- 6 - Le navire devra être disponible à une date convenable afin de permettre une inspection destinée à s'assurer qu'il convient bien à une opération de ce genre.
- 7 - Le capitaine devra posséder un certificat de compétence pour la navigation dans les ports étrangers. L'effectif des officiers et de l'équipage devra être suffisant.
- 8 - Des cabines devront être mises à la disposition de deux responsables à bord, bien que dans la plupart des cas un seul responsable soit nécessaire.

ANNEXE III

ROLE DES RESPONSABLES A BORD POUR LES OPERATIONS DE REJET EN MER

Responsabilités et devoirs

- 1 - Le responsable à bord doit être muni d'une approbation écrite émanant de l'organisme autorisant l'opération, ainsi que d'un certificat fourni par les établissements d'où proviennent les déchets, attestant que les conteneurs à rejeter sont conformes aux normes approuvées. Le responsable doit s'assurer qu'il possède à l'avance tous les renseignements voulus sur les différents conteneurs et leur contenu afin de pouvoir, en cas d'imprévu, prendre les décisions appropriées pour chaque cas particulier.
- 2 - Avant le chargement, le responsable doit s'assurer que tous les conteneurs :
 - (a) sont du type agréé et qu'après inspection ils ont l'air en bon état et ne présentent pas de fuite ;
 - (b) portent des indications correctes, en particulier le poids brut, pour montrer que la densité est supérieure à 1,2 ;
 - (c) ne dépassent pas les limites établies pour l'irradiation et la contamination ;
 - (d) ne dépassent pas les limites recommandées relatives aux matières fissiles, afin d'empêcher une criticalité accidentelle.
- 3 - En accord avec le capitaine, le responsable à bord doit veiller à ce que la cargaison soit arrimée de manière satisfaisante. Les conteneurs doivent être arrimés et disposés de façon que les niveaux de radiation mesurés dans les locaux affectés au personnel du bord n'excèdent pas 1,5 rem/an.
- 4 - Le responsable à bord doit fournir au capitaine une feuille de chargement correcte, indiquant les poids et les volumes à rejeter.
- 5 - Il est responsable de la sécurité radiologique de tout le personnel qui participe à cette opération. Il disposera à cet effet d'une quantité suffisante de films dosimètres, de vêtements de protection ainsi que d'équipement de contrôle et de décontamination. Il devra procéder à des contrôles sur l'équipage et fournir, le cas échéant, des vêtements de protection.
- 6 - Il convient que le responsable à bord et le capitaine se mettent d'accord sur le rythme journalier de rejet, ainsi que sur les heures de travail à observer. Avant que le rejet ne commence, le responsable à bord de

l'opération doit obtenir du capitaine toutes les assurances que le navire se trouve bien dans la zone de rejet approuvée. Au cours du rejet, il doit donner à l'équipage des directives relatives à la façon la plus appropriée de manipuler et de soulever les conteneurs ; il doit également assister en personne au rejet de tous les conteneurs afin de s'assurer que les fûts et leur contenu ont effectivement coulé.

- 7 - C'est au responsable qu'il appartient de déterminer le degré de contamination radioactive susceptible de se produire à bord, et de prendre, le cas échéant, toutes les dispositions voulues pour que les zones en cause soient décontaminées. Sous réserve de la responsabilité qu'il assume en dernier lieu en ce qui concerne la sécurité du navire, le capitaine doit suivre les directives données à cet effet par le responsable à bord.
- 8 - Après que le rejet ait été effectué, le responsable à bord doit délivrer au capitaine un certificat établissant que le bateau n'a subi aucune contamination importante. Il doit également préparer, à l'intention des autorités compétentes, un certificat de rejet établissant que la cargaison enregistrée a bien été rejetée à l'endroit désigné et donnant des détails sur la façon dont la position du navire a été établie ; à ce certificat devra être jointe une copie certifiée du journal de bord établi pendant la traversée, comportant des précisions sur les relevés horaires de la position du navire au cours de la période du rejet.
- 9 - Le responsable à bord doit veiller à l'établissement de bonnes relations avec les dockers, les officiers et l'équipage du navire et toutes les personnes et les autorités impliquées dans l'opération. Il devra soumettre à l'ENEA ou aux autorités nationales en cause toute demande d'information formulée par la presse.

Pouvoirs du responsable à bord

- 10 - Le responsable à bord doit disposer des pleins pouvoirs pour refuser tout conteneur qui, à son avis, ne serait pas conforme aux normes de conditionnement requises ou à la documentation s'y rapportant.
- 11 - Il doit disposer des pleins pouvoirs pour arrêter à tout moment l'opération de rejet s'il juge que la sécurité de l'opération ainsi que les conditions requises pour son déroulement ne peuvent plus être garanties. En particulier, il doit être habilité à exiger que l'opération soit interrompue et que le navire rentre au port, en cas d'accident causant une contamination générale. Ceci ne porte en aucune manière atteinte à la responsabilité d'ensemble du capitaine en ce qui concerne la sécurité habituelle et le contrôle du navire et de l'équipage.
- 12 - Le responsable à bord doit disposer des pleins pouvoirs pour prescrire, par l'intermédiaire des officiers du navire ou des autorités du port, toutes mesures de protection nécessaires pour la sécurité radiologique du personnel participant à l'opération.
- 13 - Il devra exiger que le navire ne puisse embarquer d'autres cargaisons jusqu'à ce qu'un certificat de non-contamination soit délivré.

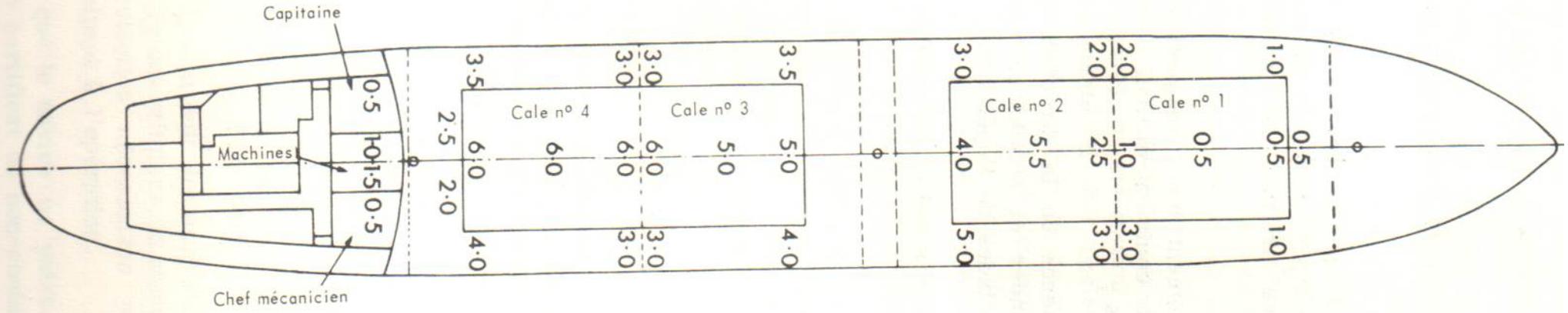
Qualifications du responsable à bord

14 - Pour assumer ces responsabilités et exercer ces pouvoirs, le responsable à bord :

- (a) devra être d'un âge mûr et être titulaire d'un poste de responsable dans l'industrie nucléaire ;
- (b) devra être parfaitement au courant de la composition et de la construction de tous les types approuvés de conteneurs, et avoir, si possible, une expérience pratique des problèmes relatifs à leur manutention ;
- (c) devra connaître parfaitement les principes de base de la physique sanitaire et devra savoir comment utiliser le matériel de contrôle et interpréter les résultats ;
- (d) devra avoir une expérience de la direction et de l'organisation et être capable de commander et s'entendre avec les personnes qu'il rencontrera à tous les stades de l'opération ;
- (e) devra être agile, en bonne santé et ne pas être sujet au mal de mer.

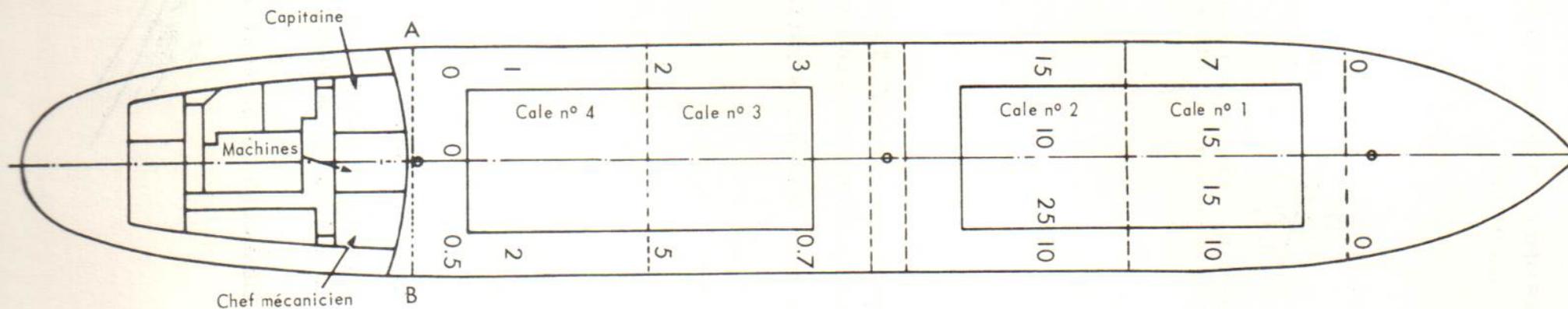
ANNEXE IV

CONTROLE DES RADIATIONS SUR LE NAVIRE (APRES CHARGEMENT DE LA PREMIERE CARGAISON INTERNATIONALE) RESULTATS EN m R/h

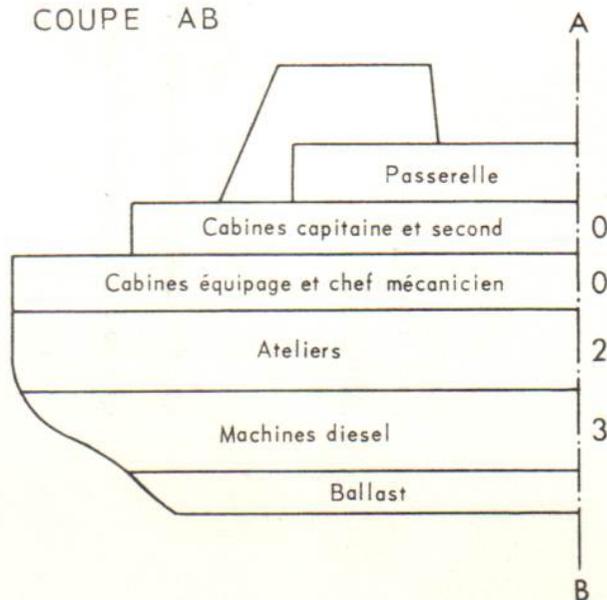
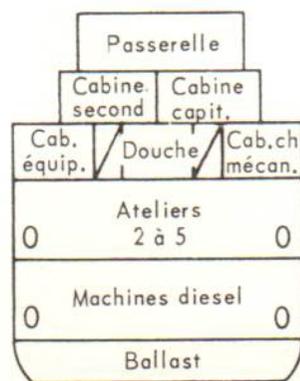


ANNEXE V

CONTROLE DES RADIATIONS SUR LE NAVIRE (APRES CHARGEMENT DE LA PREMIERE CARGAISON DE FUTS DE BOUES) RESULTATS EN m R/h



COUPE AB



ANNEXE VI

PHOTOCOPIE DU CERTIFICAT DE DECONTAMINATION
DU NAVIRE

OCDE

ORGANISATION DE COOPÉRATION
ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES



OECD

ORGANISATION FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

AGENCE EUROPÉENNE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
EUROPEAN NUCLEAR ENERGY AGENCY

MASTER
M/V "TOPAZ"
CHERBOURG

This is to certify that the M/V TOPAZ has been monitored for
Alpha and Beta/Gamma, contamination following the fifth E.N.E.A. sea
disposal operation and is free from any significant contamination.

Signed
(Escorting Officers)

JM. ROUX

JC. COCHET

Countersigned

Docteur BOUGEIS Chef de la SPR
du Centre DE LA HAGUE (CEA)

CHERBOURG le 22 AOUT 1967