

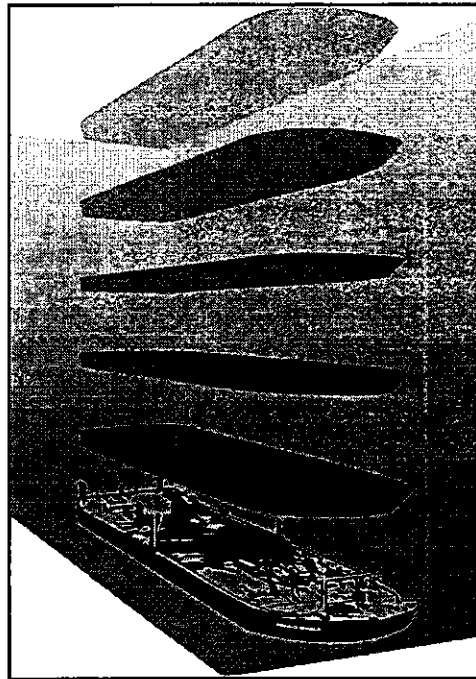
CEA465

#20547

363.7382

C35E
Ex.1

**ÉVALUATION APPROFONDIE
DU PROJET DE RÉCUPÉRATION
DE L'IRVING WHALE, TENANT COMPTE
DE LA PRÉSENCE DE BPC**



**Établie par le
ministère des Pêches et des Océans
et
le ministère de l'Environnement**

Mars 1996

1.	INTRODUCTION	8
1.1	Toile de fond	10
1.2	Processus d'évaluation environnementale	13
1.3	Renflouage ou encapsulation	15
2.	DESCRIPTION DE LA PROPOSITION	17
2.1	Description de l' <i>Irving Whale</i>	17
2.1.1	Introduction	17
2.1.2	Système de chauffage de la cargaison	17
2.2	Description de l' <i>Irving Whale</i> à l'heure actuelle	20
2.2.1	État physique de la barge et des lieux	20
2.2.2	Le contenu de l' <i>Irving Whale</i>	21
2.3	Description de l'opération d'enlèvement de l' <i>Irving Whale</i> et des mesures d'atténuation proposées	23
2.3.1	Introduction	23
2.3.2	Modalités proposées pour l'enlèvement de l' <i>Irving Whale</i>	23
2.4	Autres options prises en considération	31
2.4.1	Introduction	31
2.4.2	Stabilisation des BPC	32
2.4.3	Isolement des BPC	33
2.4.4	Enlèvement des BPC	33
2.5	Évaluation des risques associés aux cinq options de renflouage de l' <i>Irving Whale</i>	35
2.6	Gestion du projet	41
2.6.1	Introduction	41

2.6.2	Opération de renflouage	41
2.6.3.	Opération de transport	42
2.6.4.	Plans de mesures d'urgence pour le nettoyage d'un déversement	42
2.6.5	Assurance-responsabilité	42
2.7	Programme de santé et de sécurité	43
3.	ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE	44
3.1	Conditions actuelles	44
3.1.1	Géographie	44
3.1.2	Caractéristiques physiques	44
3.1.3	Écologie du littoral	45
3.1.4	Océanographie physique	46
3.1.5	Climat et conditions météorologiques	48
3.1.6	Océanographie chimique	49
3.1.7	Océanographie biologique	50
4.	MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE	58
4.1	Introduction	58
4.2	Définition des termes	58
4.3	Méthodologie de l'évaluation générale	59
4.4	EIE - Éléments importants d'écosystème	59
4.4.1	<i>Éléments biophysiques importants</i>	59
4.4.2	<i>Les éléments socio-économiques importants</i>	61
4.4.3	<i>Évaluation biophysique</i>	62
4.4.4	<i>Évaluation socio-économique</i>	63

4.4.5	<i>Interactions possibles</i>	65
4.5	Mesures d'atténuation des incidences prévues	65
5. 0	ÉVALUATION BIOPHYSIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE	66
5.1	Introduction	66
5.1.1	Dangers que présentent les BPC et leurs dérivés	66
5.1.2	Dangers que présentent les chlorobenzènes	68
5.2	Évaluation du degré d'exposition	68
5.2.1	Introduction	68
5.2.2	Scénario de la pire éventualité : Déversement à la surface	70
5.2.3	Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres	72
5.2.4	Opération proposée (OP)	74
5.3	Évaluation des effets	76
5.3.1	Scénario de la pire éventualité: Déversement à la surface	76
5.3.2	Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres	78
5.3.3	Opération proposée (OP)	79
5.4	Évaluation de l'importance des incidences	81
5.4.1	Scénario de la pire éventualité: Déversement à la surface	81
5.4.2	Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres	85
5.4.3	Opération proposée (OP)	88
6.	SOMMAIRE DES MESURES D'ATTÉNUATION PROPOSÉES	90
6.1	Atténuation des incidences importantes (scénarios de la pire éventualité)	90
6.2	Atténuation des incidences de l'opération proposée (OP)	90

7.	SURVEILLANCE	95
7.1	Décontamination des lieux	95
7.2	Plan de surveillance	95
8.	CONCLUSIONS	96
	ANNEXES	98
	RÉFÉRENCES	99

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

TABLEAU 1-	Dimensions de l'Irving Whale Volumes/Poids	11
TABLEAU 2-	Comparaison des options en fonction des risques pour le renflouage de l' <i>Irving Whale</i>	38
TABLEAU 3-	Espèces en danger d'extinction, menacées et vulnérables du golfe du Saint-Laurent	47
TABLEAU 4-	Production aquicole estimée dans les provinces de l'Atlantique en 1993	52
TABLEAU 5-	Frai et migration des principales espèces de poisson commerciales dans le golfe du Saint-Laurent	54
TABLEAU 6-	Importance des incidences d'un déversement de BPC	84

LISTE DES FIGURES

PAGE

FIGURE 1 - Aménagement général de l' <i>Irving Whale</i>	17
FIGURE 2 - Système de chauffage de la cargaison	19
FIGURE 3 - Système de canalisation bouclée	19
FIGURE 4 - Sites d'échantillonnage des BPC pour la détection des sédiments	22
FIGURE 5 - Étapes du projet de récupération de l' <i>Irving Whale</i>	25
FIGURE 6 - Pose des élingues	26
FIGURE 7 - Amplitude des courants résiduels au fond dans la dépression méridionale du golfe du Saint-Laurent et dans la dépression Laurentienne d'après une modélisation	48
FIGURE 8 - Modèle amélioré de la boîte appliqué aux nutriments du golfe du Saint-Laurent	50
FIGURE 9 - Abondance saisonnière des oiseaux marins dans le centre-sud du Golfe	57

1. INTRODUCTION

Le présent document constitue le Rapport d'évaluation initiale supplémentaire concernant une proposition de récupération de l'*Irving Whale*, qui prend en considération la présence de BPC sur ce dernier. L'évaluation supplémentaire vise à réexaminer le projet de récupération de la barge *Irving Whale* et de sa cargaison de mazout brut, en tenant compte de la présence de Therminol FR-1, composé de 80 % de biphenyles polychlorés (BPC) et de 20 % de chlorobenzènes, qui était utilisé dans le système de chauffage de la cargaison pour garder le mazout brut à l'état fluide. Vraisemblablement, une partie de ce fluide de chauffage demeure dans la barge. Le document comprend la détermination réalisée en commun par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) et par Environnement Canada (EC), «ministères responsables» aux termes du Décret sur les lignes directrices visant le Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (PEEE), en ce qui a trait à la proposition considérée. Le rapport d'évaluation présente la justification de la détermination exigée aux termes de l'article 12 du Décret et il est communiqué au public aux fins d'examen.

Le MPO et EC se proposent de récupérer la barge naufragée *Irving Whale*, sa cargaison restante et les fluides de ses circuits, de transporter la barge jusqu'aux installations de Halifax Shipyards Limited (HSL), à Halifax (Nouvelle-Écosse). HSL se chargera subséquemment de nettoyer la barge et d'éliminer tous les contaminants qu'elle contient.

Détermination aux termes du Décret sur les lignes directrices visant le Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (PEEE)

Le Décret susmentionné exige du MPO et d'EC qu'ils évaluent les effets possibles de la proposition de récupération de l'*Irving Whale* sur l'environnement, qu'ils déterminent l'importance de ses effets néfastes éventuels sur l'environnement et qu'ils établissent si ces derniers peuvent ou non être atténués par l'application de mesures techniques connues. On décidera ultimement si la proposition doit être exécutée ou si elle doit faire l'objet d'une évaluation approfondie par une commission, après que le public aura reçu l'avis de détermination découlant de l'évaluation et qu'il aura eu l'occasion de commenter le rapport d'évaluation. À cette fin, le rapport sera mis à la disposition du public, pour qu'il l'examine et le commente, pendant une période de trente jours suivant la date de sa diffusion officielle. Une série de réunions publiques sera également organisée en des endroits stratégiques pour faciliter la transmission d'informations et la réception des commentaires du public, lesquels seront acceptés oralement et par écrit durant la période en question.



Proposition

La proposition prévoit le renflouage et le transport de la barge jusqu'à une installation terrestre adéquate, l'extraction du mazout et du fluide de chauffage, le nettoyage de la barge et son élimination d'une manière satisfaisante. La faisabilité technique de la proposition de renflouage de la barge a été discutée dans le Rapport d'évaluation environnementale initiale d'avril 1994.

La proposition actuelle comprend les éléments suivants :

- ▶ Terminer le nettoyage des débris et pièces de gréement sur la barge et aux alentours de celle-ci, et récupérer les débris en vue de leur élimination.
- ▶ Évaluer l'état de tous les travaux préparatoires au renflouage effectués en 1995 et remplacer ou refaire ce qui doit l'être.
- ▶ Placer les «berceaux» de levage à l'avant de la barge.
- ▶ Placer les élingues sous la barge et utiliser une grue flottante et une barge à bigues pour soulever la barge et l'amener juste sous la surface de l'eau.
- ▶ Poser la barge sur un plus grand navire de transport submersible.
- ▶ Nettoyer les navires de soutien et nettoyer ou éliminer le matériel utilisé durant le renflouage et le transport (sous réserve des dispositions de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement [LCPE] concernant l'immersion en mer).
- ▶ Évaluer la contamination sur place et prendre les mesures nécessaires d'atténuation, de surveillance et de rattrapage;
- ▶ Transporter la barge aux installations de Halifax Shipyards Limited (HSL) à Halifax (Nouvelle-Écosse), où son mazout sera déchargé en vue d'être réutilisé ou recyclé, ou, s'il est contaminé, éliminé de manière satisfaisante. La barge *Irving Whale* sera nettoyée et décontaminée, y compris sa coque, ses citernes à cargaison et le circuit de chauffage de la cargaison, ainsi que toute installation ou tout matériel contaminé par les BPC durant le processus de nettoyage. Les produits de lavage seront aussi éliminés de manière satisfaisante.



Les divers éléments de la proposition sont décrits en détail dans le présent rapport et dans ses annexes.

1.1 Toile de fond

La barge *Irving Whale* a coulé le 7 septembre 1970 dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (par 47°22'09" Nord et 63°19'00" Ouest), à environ 60 km au nord-est de North Point (Île-du-Prince-Édouard) et à 100 km à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine (Québec). L'*Irving Whale* a coulé progressivement par l'arrière et est venu se poser à plat, en position verticale, sur le fond de mer. La barge, qui repose à 67 mètres (220 pieds) de profondeur, contenait initialement 4 270 tonnes métriques (4 200 tonnes longues) de mazout (mazout brut, dit aussi mazout numéro 6). De 400 à 600 tonnes métriques de ce mazout se sont initialement déversées lors du naufrage. Depuis, de petites quantités de mazout se sont écoulées de façon intermittente par les événements externes de la barge. On estime maintenant à environ 3 150 tonnes métriques (3 100 tonnes longues) la quantité de mazout restant dans la barge (Marex, 1993) (tableau 1).

Pendant un certain nombre d'années, le gouvernement fédéral a étudié les moyens de maîtriser et d'enlever du Golfe du Saint-Laurent cette source chronique de pollution par le mazout. Il a pris certaines mesures correctives, par exemple en scellant les événements pour empêcher les fuites de mazout.

En avril 1994, le ministère fédéral des transports (MDT), par l'entremise de la Garde côtière canadienne (GCC), et celui de l'Environnement (MDE) ont terminé leur évaluation de la proposition de renflouer la barge et de récupérer sa cargaison. L'évaluation environnementale de ce projet a été entreprise conformément au Décret sur les lignes directrices visant le PEEE. La récupération de la barge avec à son bord la cargaison a été retenue parmi les divers scénarios possibles de récupération du mazout, en raison de sa faisabilité et de sa sécurité. Le retrait de la barge éliminerait le risque d'autres fuites ou déversements en provenance de celle-ci dans le milieu marin du sud-ouest du golfe du Saint-Laurent. De plus, EC et le MDT ont jugé que les différentes incidences environnementales étaient soit minimales, soit atténuables par des mesures techniques connues. Leur détermination, effectuée aux termes du paragraphe 12 c) du Décret sur les lignes directrices visant le PEEE, a été soumise aux observations du public et a subséquemment été acceptée par le ministre des Transports et par le ministre de l'Environnement.



TABLEAU 1

Dimensions de l'Irving Whale

	Mesures impériales (pieds)	Mesures métriques (mètres)
Longueur	270	8,23
Largeur	58	17,7
Profondeur	16,5	5

Volumes/Poids

	Gallons	Litres	Tonnes longues	Tonnes métriq.
Mazout brut (lors du naufrage)	942 213	4 277 647	4 200	4 270
Mazout brut (estimé à l'heure actuelle)	695 443	3 161 485	3 100	3 150
Fluide de chauffage (lors du naufrage)	1 480	6 800	9,25	9,4
Fluide de chauffage - BPC (80 %)	1 184	5 440	7,4	7,52
Fluide de chauffage Chlorobenzènes (20 %)	296	1 360	1.85	1.88

Initialement, la barge récupérée devait être transportée jusqu'aux installations de la Garde côtière, à Mulgrave (Nouvelle-Écosse). Toutefois, en décembre 1994, l'entreprise J.D. Irving Ltd. s'est offerte pour nettoyer la barge et se défaire de sa cargaison aux installations de HSL. Une évaluation supplémentaire a alors été effectuée par la GCC et EC, qui prenait en considération le changement de port. Après une détermination supplémentaire aux termes du paragraphe 12c) du Décret sur les lignes directrices visant le PEEE et une période d'examen par le public, la décision était prise, en décembre 1994, de transporter la barge jusqu'à Halifax.



Évaluation approfondie du projet de récupération de l'Irving Whale, tenant compte de la présence du BPC

Découverte de la présence des BPC

Un contrat fut passé avec Donjon McAllister Joint Venture le 9 juin 1995, et les préparatifs de renflouage de la barge commencèrent. Toutefois, la GCC (qui fait maintenant partie du ministère des Pêches et des Océans), fut par la suite informée que le fluide de chauffage, identifié comme étant du Therminol-FR-1, présent dans le circuit fermé de chauffage de la barge au moment du naufrage de cette dernière, contient 80 % de biphényles polychlorés (BPC) et 20 % de chlorobenzènes. On estimait à environ 6 800 litres (1 480 gallons ou 9,4 tonnes) la quantité de Therminol FR-1 présente dans la barge au moment du naufrage. Comme les BPC sont un important contaminant, on procéda à une évaluation supplémentaire du projet de récupération, aux termes du Décret sur les lignes directrices visant le PEEE, au début de juillet 1995, afin d'examiner les moyens de traiter des BPC restant dans la barge et alentour de celle-ci. Le 25 juillet 1995, le ministre des Pêches et des Océans et le ministre de l'Environnement concluaient que le projet de récupération irait de l'avant en été 1995.

Action en justice

En août 1995, la Société pour Vaincre la Pollution Inc. (SVP) et le Regroupement madelinot pour la protection du Golfe Inc. (Regroupement) obtenaient de la Cour fédérale une suspension conditionnelle du projet de récupération de l'*Irving Whale*. L'ordonnance de suspension interrompait l'opération de récupération jusqu'à ce que la Cour juge de la valeur des arguments juridiques présentés par SVP et par le Regroupement au sujet de la valeur de l'évaluation environnementale réalisée par le MPO/la GCC et EC, ou jusqu'à ce qu'une évaluation environnementale initiale approfondie soit effectuée, aux termes du Décret sur les lignes directrices visant le PEEE. Le 17 novembre 1995, l'honorable Sheila Copps, alors ministre de l'Environnement, et l'honorable Brian Tobin, alors ministre des Pêches et des Océans, ordonnaient au MPO et à EC d'entreprendre une évaluation environnementale initiale approfondie sur la proposition de récupérer l'*Irving Whale*, portant précisément sur les conséquences environnementales possibles de la présence de BPC.

Le MPO est un ministère responsable étant donné qu'il exécutera directement la proposition, en vertu du paragraphe 6a) du Décret. Environnement Canada est également un ministère responsable, en vertu du paragraphe 6c) du Décret, étant donné qu'il s'engagera financièrement vis-à-vis du projet, et également en vertu du paragraphe 6b) de ce Décret puisqu'un permis d'élimination en mer, aux termes de la partie VI de la LCPE, sera nécessaire. Le MPO et EC ont rédigé ensemble le présent rapport afin de répondre aux exigences de l'évaluation environnementale et d'éviter les doubles emplois. D'autres ministères du gouvernement fédéral, p. ex. Santé Canada, Transports Canada, le ministère de la Justice du Canada et Patrimoine canadien, ont aussi fourni des conseils pertinents de spécialistes pour la rédaction du document.



Le processus suivi dans l'évaluation environnementale initiale supplémentaire trouve sa raison d'être dans les questions soulevées par les experts ministériels, par le public et par les personnes qui ont formulé des commentaires et des questions lors de la période d'établissement de la portée des incidences, soit du 15 au 31 janvier 1996. Une importante quantité de renseignements scientifiques et techniques, de notes de service et d'autres formes de renseignements a été produite. Une partie de ces renseignements est annexée au présent rapport et le reste est à la disposition des parties intéressées, sur demande. Les questions écrites et un compte rendu annoté des réunions d'établissement de la portée des incidences sont également joints au rapport (annexe G). Les réponses à certaines questions précises sont fournies à l'annexe G ou renvoient à la partie principale du rapport.

1.2 Processus d'évaluation environnementale

Le projet ayant été amorcé alors que le Décret sur les lignes directrices visant le PEEE était en vigueur, cette évaluation supplémentaire sera aussi exécutée dans le cadre de ce Décret. Les rapports d'évaluation qui suivent font également partie de l'évaluation du projet de récupération de l'*Irving Whale*.

- ▶ *Évaluation environnementale initiale concernant une proposition sur la barge Irving Whale, avril 1994;*
- ▶ *Évaluation environnementale supplémentaire concernant le changement de port de destination de Mulgrave (Nouvelle-Écosse) à Halifax (Nouvelle-Écosse), décembre 1994.*

Aperçu de la méthode d'évaluation environnementale

Le MDT et EC ont entrepris le projet de récupération parce qu'ils sont convaincus que, pour protéger l'écosystème du golfe du Saint-Laurent, la barge et son contenu doivent en être retirés le plus tôt possible. Il est reconnu qu'une bonne planification et gestion de l'opération de récupération est nécessaire pour protéger :

- ▶ Les ressources biologiques diverses (p. ex. les oiseaux migrateurs, les poissons, les mammifères marins).
- ▶ Un habitat important pour les ressources biologiques, dont plusieurs espèces d'oiseaux migrateurs et de mammifères marins rares, menacées et en danger de disparition.
- ▶ Les industries du tourisme et de la pêche, qui ont un rôle essentiel dans l'économie et



Évaluation approfondie du projet de récupération de l'*Irving Whale*, tenant compte de la présence du BPC

génèrent des revenus annuels de plus de 200 millions de dollars.

- La santé, en particulier en ce qui a trait aux incidences de la présence de BPC sur l'environnement en général, ainsi que les questions de santé humaine et de sécurité des travailleurs durant le projet de récupération.

Études commandées

Pour évaluer les incidences possibles du projet, on a commandé un certain nombre d'études traitant des questions particulières soulevées dans les réunions d'établissement de la portée des incidences :

- ***Searle and Associates, Alexandria, Virginie (États-Unis)*** - Cette entreprise a réalisé un examen technique de la présence de BPC à bord de l'*Irving Whale*. Searle and Associates (S & A) a mis sur pied une équipe d'experts en récupération et sauvetage maritimes, en sécurité et en environnement, pour examiner la proposition et les diverses autres options. Leur examen a débouché sur l'établissement d'un rapport indépendant (annexe A).
- ***Herbert Associates, San Francisco (États-Unis)*** - Cette entreprise d'architectes maritimes a examiné les calculs effectués par Donjon McAllister et la GCC au sujet de la force de la barge *Irving Whale* et de sa capacité à supporter la contrainte du levage en deux points proposé (annexe B).
- ***Rapport scientifique du MPO*** - Des représentants du ministère des Pêches et des Océans et de celui de l'Environnement se sont réunis pour élaborer divers scénarios hypothétiques de déversement des BPC. Leurs travaux ont servi à prédire les incidences possibles d'un déversement découlant de l'opération de récupération proposée, et à envisager des scénarios de la pire éventualité dans le cas, d'une part, d'un déversement en surface et, d'autre part, d'un déversement sur le fond marin. Les résultats et conclusions auxquelles ils ont abouti figurent dans le présent rapport (annexe C).
- ***David Sawyer, Évaluation socio-économique*** - Une étude socio-économique indépendante a été commandée. Elle examine les conclusions et recommandations des études précédentes (p. ex. le rapport de CEF) ainsi que de nouvelles données sur les pêches, le tourisme et autres. Les incidences socio-économiques et commerciales possibles des divers scénarios de déversement, compte tenu de la présence de BPC, y sont aussi évaluées (annexe D).
- ***Bio-Response Systems Limited*** - Cette entreprise a reçu pour mandat d'aider à colliger les données d'évaluation et de fournir une appréciation des risques éventuels associés aux



divers scénarios d'incidences possibles et aux options de récupération.

- ▶ **Avis d'experts** - Ce document réunit des données, des renseignements et des observations émanant de personnes travaillant pour divers ministères du gouvernement et de représentants du secteur privé. Nous leur sommes reconnaissants de leur concours et souhaitons remercier particulièrement M. Neil Burgess de ses conseils sur les oiseaux de mer ainsi que M. Paul Brodie de ses conseils sur les mammifères marins.
- ▶ **Contrat de récupération de la barge par Donjon/McAllister** - Le contrat original est actuellement suspendu. Si la décision de mettre le projet à exécution, aux termes de l'article 13 du Décret, est prise par le ministre des Pêches et des Océans et le ministre de l'Environnement en temps opportun, à la fin du processus d'évaluation environnementale, le contrat avec Donjon McAllister Joint Venture sera reconduit.

1.3 Renflouage ou encapsulation

Au cours de l'évaluation du projet de récupération tenant compte de la présence des BPC, il a été suggéré que la barge soit enfouie, plutôt que d'être retirée de l'environnement. Enfouir l'*Irving Whale* signifie qu'il faudrait le recouvrir de tonnes de sable, de gravier et d'argile pour essayer de confiner le mazout et les BPC en scellant la barge à jamais.

L'enfouissement et l'encapsulation ont été utilisés ailleurs pour couvrir, contenir et diluer des contaminants traces dans les sédiments de l'océan, contaminants qu'il aurait fallu autrement récupérer et éliminer par des moyens complexes et coûteux à terre. Un projet d'enfouissement proposé au gouvernement fédéral consiste à recouvrir la barge de plusieurs mètres de ciment. Les divers tenants de l'enfouissement ont des opinions divergentes sur le temps pendant lequel les couches de matière recouvrant la barge resteraient intactes et aptes à contenir les BPC et le mazout brut.

Au cours d'opérations de dragage de ports et de chenaux sur la côte est des États-Unis, le US Army Corps of Engineers a procédé occasionnellement à l'encapsulation de sédiments océaniques contenant des concentrations de contaminants traces jugées inacceptables pour l'immersion en mer. Toutefois, l'encapsulation de bateaux naufragés en vue d'empêcher définitivement la fuite de contaminants est une méthode dont peu de pays ont obtenu des résultats satisfaisants.

L'étude de l'efficacité et de la faisabilité de l'enfouissement ou de l'encapsulation révèle un certain nombre de difficultés à surmonter :



- ▶ L'application de la méthode d'encapsulation, en particulier le placement du gravier, du ciment et d'autres matériaux lourds, doit s'effectuer avec beaucoup de soin pour éviter les fuites de tout BPC se trouvant actuellement sur la barge. Ces fuites pourraient résulter de la rupture de certaines parties de la canalisation bouclée ou des citernes elles-mêmes, due au poids des matériaux d'encapsulation déversés sur la barge;
- ▶ L'encapsulation n'est pas dénuée de risque et il est peu vraisemblable qu'on puisse appliquer efficacement cette méthode en plein milieu du Golfe, sous 67 mètres (220 pieds) d'eau, dans la «fenêtre météorologique» établie pour la récupération de la barge;
- ▶ Si on recourait à l'encapsulation, il faudrait mettre en place un programme de surveillance à long terme pour veiller à ce que l'intégrité de la capsule soit maintenue et s'assurer que des contaminants, comme les BPC, ne fuient pas malgré les soins apportés au recouvrement de la barge.

Étant donné le peu de connaissances et d'expérience existant dans le monde au sujet de l'encapsulation permanente de navires contenant des contaminants importants, le fait que le Golfe soit une région de grande productivité biologique et importance économique, et le fait également que la technique d'encapsulation présente un risque et que l'on ne sache pas si elle est apte à résister à l'épreuve du temps, force est de conclure que l'encapsulation n'est pas une option viable d'atténuation des incidences environnementales associées à l'*Irving Whale* et de protection de l'environnement. L'encapsulation a donc été éliminée de l'évaluation approfondie.



2. DESCRIPTION DE LA PROPOSITION

2.1 Description de l'*Irving Whale*

2.1.1 Introduction

L'*Irving Whale* est une barge-citerne en acier, construite en 1966 et conçue pour transporter des hydrocarbures (en général du mazout brut) dans ses huit citernes ou du fret, comme des copeaux de bois, dans le caisson à fret du pont principal. La barge mesure 82,3 m (270 pi) de long, 17,7 m (58 pi) de large et 5 m (16,5 pi) de haut. La figure 1 présente un schéma de l'aménagement général de la barge.

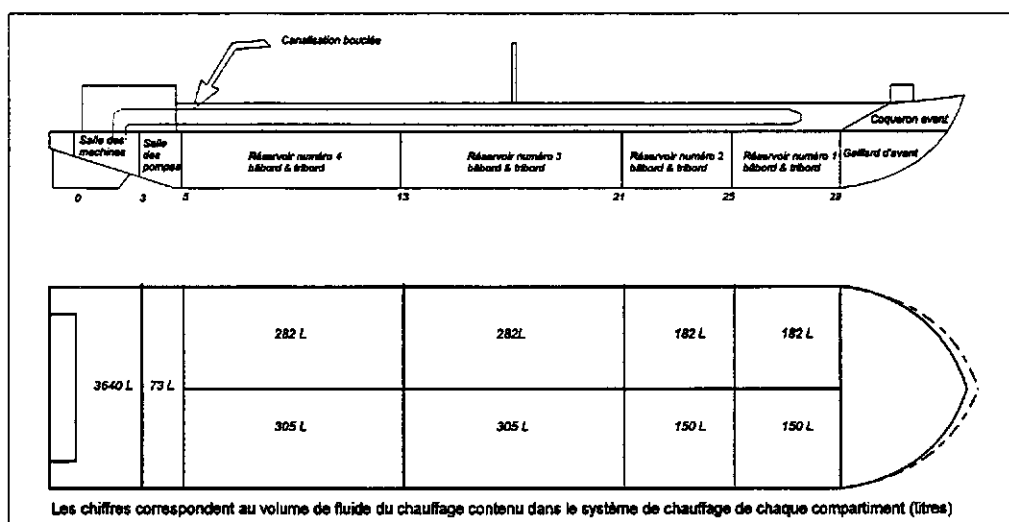


Figure 1 - Aménagement général de l'*Irving Whale*

2.1.2 Système de chauffage de la cargaison

Un circuit de chauffage (Figure 2) servait à maintenir le mazout brut entre 55 et 60°C durant son transport, pour qu'il puisse être facilement pompé à l'arrivée. Le système de chauffage de la cargaison de l'*Irving Whale* se compose de deux corps de chauffe à fluide, ayant un débit de 1 364 litres (300 gallons) à la minute, installés dans la salle des machines. Le fluide de chauffage était pompé, au moyen d'un tuyau de 75 mm (3 pouces), dans un collecteur d'alimentation de 125 mm (5 pouces) installé sur la cloison avant de la salle des machines.



C'est à partir de ce collecteur que deux tuyaux de 100 mm (4 pouces) de diamètre (un à bâbord, l'autre à tribord) forment une canalisation bouclée. La conduite de retour de 100 mm (4 pouces) de la canalisation bouclée est reliée à un collecteur de retour, de 125 mm (5 pouces), installé lui aussi sur la cloison avant de la salle des machines. Un tuyau de 75 mm (3 pouces) servait au retour du mazout de chauffage aux corps de chauffe du fluide dans la salle des machines (figure 3).

La canalisation bouclée (figure 3) court sur toute la longueur de la barge à l'extérieur du pavois du compartiment à fret, près de la partie supérieure de la lisse de pavois. Des tubulures de raccordement de 50 mm (2 pouces) de diamètre alimentent le serpentin de chauffage de chaque citerne. Chaque tubulure est dotée d'une boucle et d'une vanne de dilatation au-dessus du pont principal. Dans chacune des citernes, la canalisation entoure le filtre d'aspiration du mazout de cargaison et court le long du fond de la citerne. Un serpentin de chauffage est placé dans chacune des quatre citernes avant (les plus petites) et deux serpentins dans les quatre autres citernes, qui sont plus grosses. Les conduites sont fixées aux raidisseurs du fond des citernes. Cela signifie que le fond des serpentins de chauffage se trouve à 175 mm (7 pouces) au-dessus des tôles du fond de la barge.



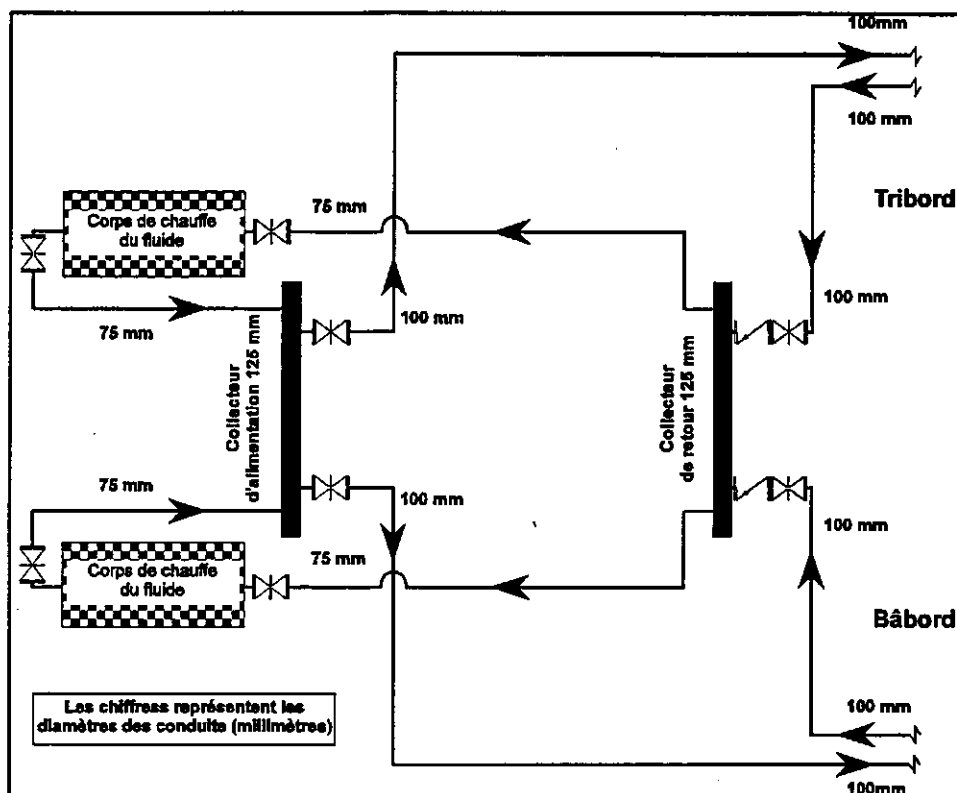


Figure 2 - Système de chauffage de la cargaison

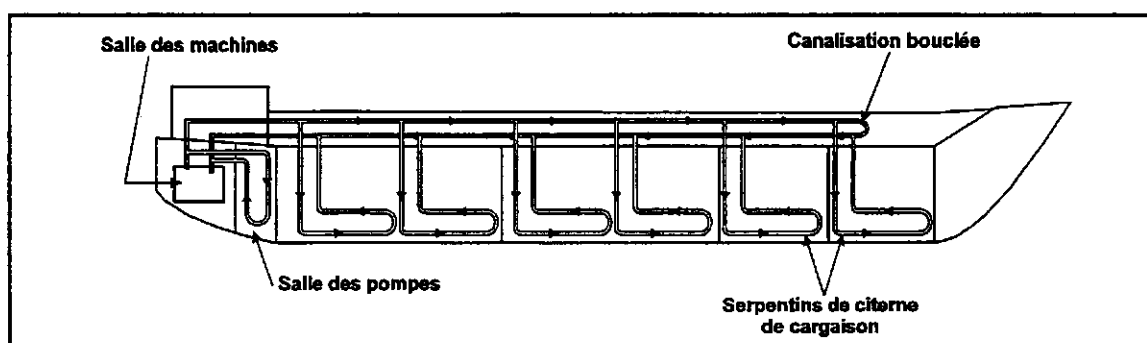


Figure 3 - Système de canalisation bouclée



On a estimé à environ 6 800 litres (1 480 gallons ou 9,4 tonnes) le volume total de fluide de chauffage à bord de l'*Irving Whale*. Environ la moitié de ce fluide, soit 3 367 litres (800 gallons), se trouve dans la salle des machines, 73 litres (16 gallons) dans la salle des pompes, 1 182 litres (260 gallons) dans les canalisations bouclées bâbord et tribord et les 1 837 litres (404 gallons) restants dans les serpentins des citernes (figure 3).

2.2 Description de l'*Irving Whale* à l'heure actuelle

2.2.1 État physique de la barge et des lieux

La barge repose actuellement à plat sur le fond marin, dans 67 mètres d'eau. Le fond marin se compose d'une mince couche de mélange sablonneux (87 % de sable, 11 % de gravier et 2 % d'argile) recouvrant un substrat rocheux de grès. On observe une légère accumulation de sable le long des flancs de la barge, d'une hauteur estimée à 10 cm à tribord et atteignant 20 cm à bâbord arrière. Il n'y a pas de crêtes ou de creux apparents dans le fond de mer qui seraient susceptibles d'exercer une contrainte excessive sur la structure. Les blocs rocheux présents dans les alentours de la barge sont largement espacés, et tout bloc du genre qui se trouverait sous la barge n'aurait vraisemblablement causé que des dommages localisés à la structure du fond. On ne connaît pas l'état général des tôles du fond. Toutefois, au cours de l'opération entreprise en été 1995, on a creusé un tunnel sous la barge à la membrure 29 et constaté que les tôles du fond étaient en bon état. De plus, on n'a pas découvert de blocs rocheux sous la barge aux environs du tunnel.

Autour de la barge, la vitesse du courant est d'environ 0,5 noeud et la température de l'eau de mer de 0 °C approximativement. À cette profondeur, la température varie peu durant l'année et la faible concentration d'oxygène, associée à cette basse température, se traduit par une très faible corrosion de la structure d'acier. Des tests réalisés sur les flancs de la barge en été 1990 (20 ans après le naufrage) ont révélé une diminution maximale de 5 % de l'épaisseur des tôles d'acier, ce qui confirme la faible corrosion.

Il ressort des inspections effectuées par des plongeurs et des prises de vue réalisées au moyen de véhicules télécommandés et de submersibles que la structure de la barge est en bon état. Dans l'opération de récupération entreprise en 1995, les tôles des côtés et du fond à l'avant et à l'arrière de la barge ont été nettoyées et préparées pour le soudage des sabots destinés à accueillir les élingues de levage. Les plongeurs ont signalé que les tôles de la coque étaient en bon état et que la peinture d'origine était même intacte en certains endroits. L'examen des joints soudés des tôles n'a révélé aucun signe de corrosion ou de piqure. Le seul dommage observé est celui qu'ont subi les courbes



d'étambot, ou crosses, (grands ailerons fixés à l'arrière de la coque) et qui résulte du contact avec le fond marin lors du naufrage.

2.2.2 Le contenu de l'Irving Whale

Des BPC se sont écoulés de la barge et ont été décelés dans les sédiments proches de cette dernière (figure 4) On ne connaît pas la quantité et l'emplacement exacts du fluide restant à bord de la barge. Comme cela a été indiqué dans le rapport de Searle and Associates, **toute tentative de mesurer précisément le fluide de chauffage (BPC) restant dans la barge risque d'occasionner un déversement et une contamination, qui peuvent et doivent être évités.** Le MPO et EC tiennent donc pour acquis que la plupart du fluide de chauffage reste dans la barge, la plus grande partie se trouvant dans la salle des machines.



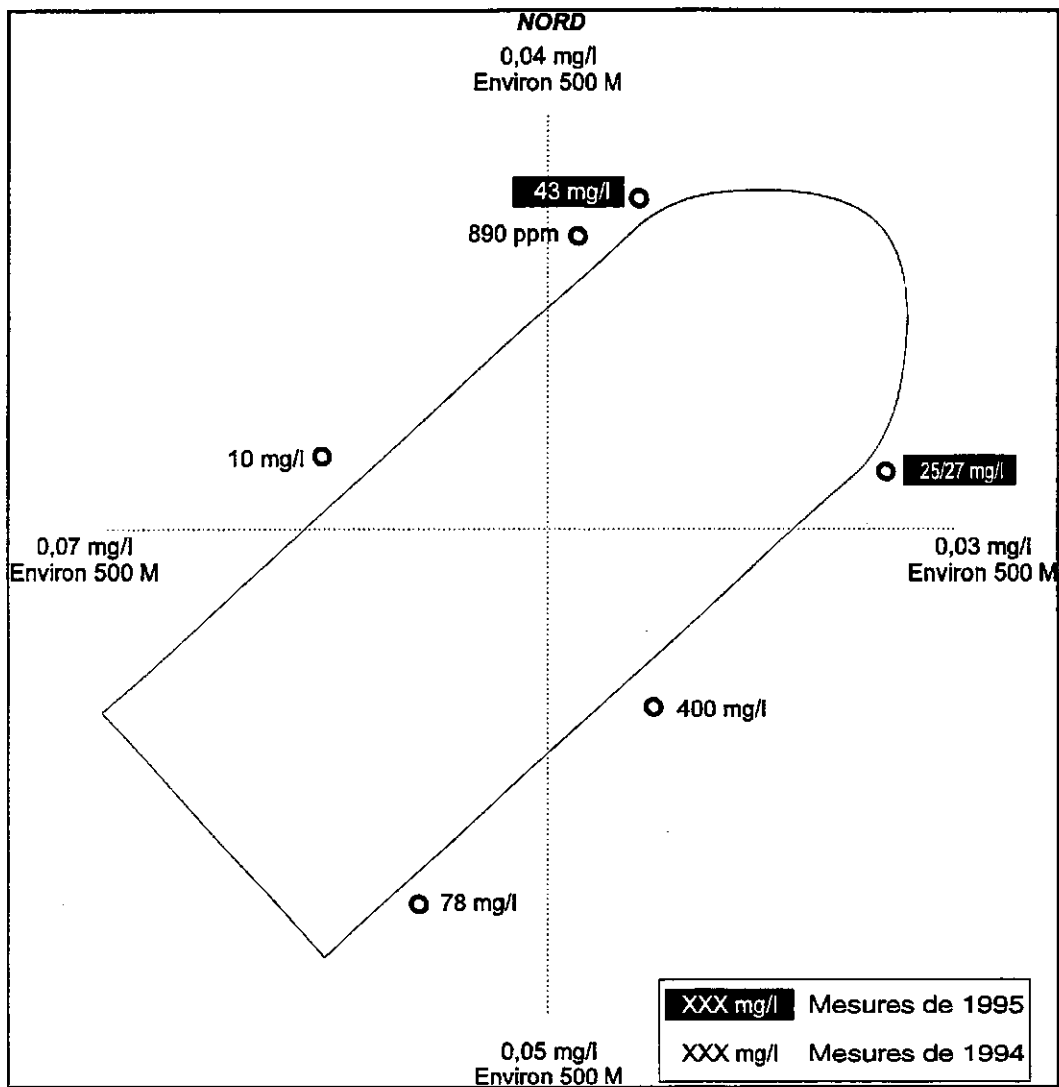


Figure 4 - Sites d'échantillonnage des BPC pour la détection des sédiments



2.3 Description de l'opération d'enlèvement de l'*Irving Whale* et des mesures d'atténuation proposées

2.3.1 Introduction

Searle and Associates Ltd., d'Alexandria, en Virginie, a procédé à un examen technique indépendant de l'opération de récupération de l'*Irving Whale* (annexe A). Cet examen a déterminé que «de toutes les options possibles, le renflouage de l'*Irving Whale* tel quel est la meilleure.» Il a aussi permis d'établir que le choix de deux élingues de levage, plutôt que de quatre ou davantage, était judicieux. Searle and Associates a convenu que l'utilisation de deux élingues au lieu d'un plus grand nombre de ces dernières permettait de mieux maîtriser l'équilibrage (égalisation des charges de levage par réduction des variables). La sécurité extraordinairement élevée a aussi contribué à accroître la confiance de l'équipe dans la proposition de l'entrepreneur en récupération.

L'opération d'enlèvement comprend la pose de deux élingues de levage, l'une à l'avant et l'autre à l'arrière de la barge, puis la remontée de cette dernière jusqu'à la surface au moyen de deux barges de levage de charges lourdes. À la surface, l'épave sera transbordée sur une barge submersible, qui la transportera jusqu'à Halifax, où le mazout de la cargaison et les BPC présents à bord seront retirés de façon dirigée et conforme à la sécurité (figure 5).

2.3.2. Modalités proposées pour l'enlèvement de l'*Irving Whale*

2.3.2.1 Préparation

Cette étape comprend l'achèvement des travaux préparatoires avant l'installation des élingues de levage. On effectuera une inspection générale sur la barge pour s'assurer qu'il n'y a pas eu de changement important à cette dernière ou au fond marin depuis la cessation de l'opération de 1995.

Une bouée météorologique sera installée à proximité du site et fournira des données météorologiques en temps réel. Un météorologue sera également sur place et restera en contact avec le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada, afin de choisir une «fenêtre météorologique» adéquate pour le renflouage. Des prévisions météorologiques détaillées propres au site seront continuellement fournies durant toute l'opération.

Il se peut que depuis 1995 des sédiments se soient accumulés à l'arrière de la barge et dans le



tunnel creusé sous l'avant de celle-ci. Si tel est le cas, ces sédiments seront enlevés pour qu'on puisse passer les élingues sous la barge et les placer correctement dans les berceaux.



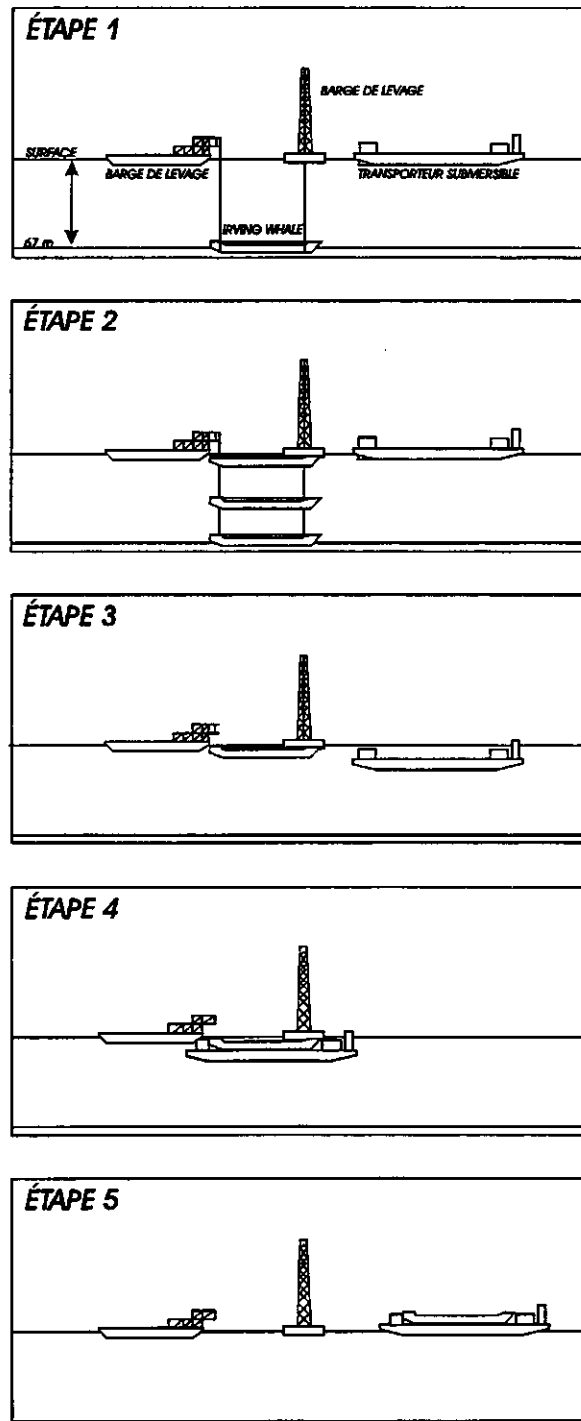


Figure 5 - Étapes du projet de récupération de l'Irving Whale



Les tôles bâbord et tribord situées alentour de l'élingue arrière, à la membrure 3, doivent être nettoyées et meulées jusqu'à ce qu'elles soient lisses et prêtes à recevoir les berceaux de levage, aussi appelés «cales de protection» dans le rapport de Searle and Associates. Ces berceaux sont conçus pour renforcer la coque et la protéger de tout dommage pouvant être occasionné par les élingues. Ils épouseront la forme qu'a l'arrière de la barge à cet endroit et serviront de siège à l'élingue (figure 6).

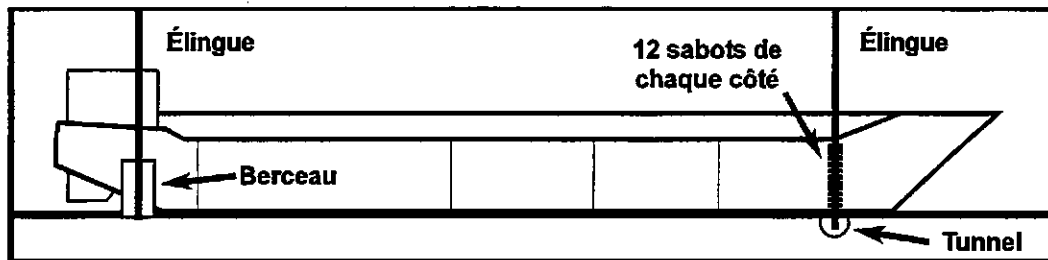


Figure 6 - Pose des élingues

Avant l'ajustage et le soudage des berceaux, des plongeurs procéderont à une inspection détaillée de l'arrière de la coque pour s'assurer de l'absence de problème structural.

Mesures d'atténuation

Les sabots avant installés à la coque durant l'opération de 1995 seront dotés de coussins qui empêcheront que l'élingue avant ne soit endommagée. Les berceaux arrière seront conçus pour éviter les dommages à l'élingue arrière.

Des plongeurs procéderont à une inspection détaillée des côtés bâbord et tribord de la canalisation bouclée, y compris des tubulures de raccordement et des vannes. En cas de dommage, on procédera à des réparations, par exemple à la pose de pièces, là où cela est possible.

Les conduites de la canalisation bouclée et les vannes des citernes situées près des élingues seront protégées contre le frottement ou les dommages susceptibles d'être causés par les élingues.

On prélèvera des échantillons de sédiments alentour du périmètre de la barge pour déterminer les concentrations de BPC avant le renflouage. D'autres échantillons de sédiments seront prélevés à



l'arrière de la barge, sous la quète de l'étambot, à proximité des salles des machines et des pompes. Des concentrations élevées de BPC pourraient indiquer si des fuites se sont produites depuis la salle des machines située au-dessus.

On prélèvera également des échantillons d'eau de la salle des machines et de la salle des pompes, cela à des hauteurs prédéterminées, pour déceler la présence éventuelle de BPC dans l'eau. De plus, à l'aide d'une sonde, on recueillera aussi un échantillon du liquide des bouchains (niveau inférieur) de la salle des machines et de la salle des pompes. Cela permettra de déterminer si des BPC libres sont présents dans ces compartiments, ou si le fluide de chauffage est confiné dans les canalisations qui s'y trouvent.

Les débris, comme les cordages de polypropylène et les câbles se trouvant alentour de la barge, seront enlevés et ramenés à la surface, où on les acheminera à une décharge agréée. On assurera ainsi la sécurité des plongeurs et on éliminera les obstacles à l'opération de renflouage.

De grandes ouvertures seront ménagées le long des parois bâbord et tribord de la lisse de pavois du caisson à fret pour permettre l'écoulement rapide de l'eau de ce dernier au moment où l'*Irving Whale* sera remonté à la surface.

Un dispositif permettant de détecter d'emblée tout dommage structural sera fixé à la coque de l'*Irving Whale* et surveillera la flexion de celle-ci au cours du levage. Si les contraintes de levage dépassent les tolérances établies, on interrompra le renflouage pour évaluer la situation. S'il n'est pas possible d'y remédier, on mettra fin à l'opération et la barge sera redescendue sur le fond marin. Cette façon de procéder permettra d'éviter toute incidence importante.

La position de la barge sur le fond de mer sera clairement marquée à l'aide de bouées ou d'émetteurs ultrasons, cela pour permettre l'échantillonnage et l'application des mesures de réparation pertinentes après l'opération de récupération.

On avertira les plongeurs qu'ils doivent prendre des précautions particulières lorsqu'ils travaillent alentour de la canalisation bouclée, afin d'éviter d'endommager les conduites de chauffage de la cargaison, qui sont exposées, et les vannes des citernes.

On préviendra aussi les plongeurs qu'il est vraisemblable que la majorité des BPC se trouve dans les bouchains de la salle des machines et qu'ils doivent donc prendre les précautions nécessaires lorsqu'ils installent et soudent les berceaux de levage à l'arrière.



2.3.2.2 Pose des élingues et remontée de la barge

Le renflouage de l'*Irving Whale*, et son installation sur le navire de transport, n'aura lieu qu'une fois qu'il aura été déterminé qu'on dispose de 48 heures de bonnes conditions météorologiques. Cette étape comprend la pose des élingues sous la barge, l'achèvement de l'installation des pièces de gréement selon le plan de l'entrepreneur, et la remontée de la barge jusqu'à la surface de l'eau.

Les calculs de contrainte de flexion effectués par l'entrepreneur, Donjon McAllister Joint Venture, et vérifiés par la Garde côtière canadienne, pour l'opération de l'été 1995 révèlent que les niveaux de contrainte projetés sont bien en deçà des tolérances de sécurité.

Un examen indépendant réalisé par Herbert Engineering, de San Francisco, Californie (annexe B) confirme l'exactitude des calculs de la Garde côtière et de Donjon McAllister.

Bien qu'il soit peu vraisemblable que le fond de la barge ait subi des dommages majeurs, il a pu être abîmé par des roches ou des blocs rocheux présents sur le fond marin lors du naufrage. Si les tôles du fond ont été perforées et que les serpentins de chauffage, situés près du fond de la barge, sont endommagés, le fluide de chauffage, qui est plus lourd que l'eau, se serait probablement écoulé au fond de la citerne. Une partie de ce fluide aurait alors pu être retenue dans le châssis métallique du fond de la citerne, mais la majorité du liquide se serait vraisemblablement déversée sur le fond marin.

Mesures d'atténuation

Une fois la pose des élingues terminée, on appliquera à chacune d'elles une charge partielle et on surveillera la situation au moyen du véhicule télécommandé. Si les résultats sont satisfaisants, la charge sera progressivement accrue, jusqu'à ce qu'on atteigne la tension de levage calculée. La tension exercée sur chaque élingue sera continuellement surveillée depuis chaque barge de levage à la surface. Si les tolérances de flexion ne sont pas dépassées, on procédera alors au levage.

La barge sera remontée à une hauteur suffisante pour permettre au véhicule télécommandé d'inspecter les tôles du fond. On évaluera alors l'état de ces dernières et on décidera s'il faut ou non poursuivre le renflouage. Pour s'assurer que la barge est soulevée en assiette horizontale et sans gête, quatre indicateurs de profondeur (pneumo-sondeurs) seront installés aux quatre coins de la barge et seront surveillés depuis la surface.

On remontera lentement la barge à la surface et on dénoiera alors les compartiments de l'avant



(coqueron et gaillard avant) et ceux de l'arrière (salle des machines et salle des pompes) pour alléger la charge sur les élingues.

L'analyse de l'eau et du liquide des bouchains de la salle des machines et de la salle de pompage révélera si le dénoyage de ces compartiments doit s'effectuer directement par-dessus bord ou dans des contenants approuvés placés à bord des navires de l'entrepreneur positionnés sur les lieux (cette question est traitée plus en détail à la partie 2.3.2.4).

Si une éventuelle perforation des tôles du fond a occasionné des dommages aux serpentins de chauffage, il est probable que le fluide de chauffage, qui est plus lourd que l'eau, se sera déjà écoulé dans les sédiments situés directement sous la perforation. On ne tentera pas de réparer une brèche dans les tôles du fond, parce qu'on estime qu'il y a là un risque inacceptable pour la sécurité des plongeurs.

2.3.2.3 Installation de la barge sur le navire de transport

Une fois l'*Irving Whale* à la surface, une barge submersible (navire de transport) sera submergée et placée directement sous celui-ci. En expulsant l'eau de ses citernes, la barge submersible amènera lentement l'*Irving Whale* au-dessus de la surface de l'eau. Une fois celui-ci bien fixé sur la barge submersible, on ménagera une zone de confinement pour recevoir tout écoulement provenant de citernes qui auraient été endommagées.

2.3.2.4 Dénoyage des compartiments à matériel

Les compartiments avant et arrière (coqueron, gaillard, salle des machines et salle des pompes; figure 1) seront pleins d'eau de mer au moment du renflouage. Les compartiments arrière contiendront environ 640 tonnes métriques (630 tonnes longues) d'eau et ceux de l'avant environ 457 tonnes métriques (450 tonnes longues). Pour réduire toute charge inutile, on évacuera l'eau de mer de ces compartiments.

Mesures d'atténuation

Pour s'assurer que l'eau à évacuer est exempte de contaminant, on fera prélever par des plongeurs des échantillons d'eau dans les espaces clos de la salle des machines et de la salle des pompes avant de récupérer la barge. Si possible, on effectuera des analyses chimiques sur place pour déterminer si des BPC sont présents dans l'eau, ou on fera procéder à ces analyses dans un laboratoire du gouvernement fédéral. Le prélèvement d'échantillons ne s'effectuera que là où il n'accroît pas notablement les risques pour la sécurité des plongeurs.



2.3.2.5 Enlèvement des proliférations marines de la barge

Les flancs et les autres surfaces de l'*Irving Whale* se sont recouverts, à des degrés divers, de plantes (algues) et d'animaux (oursins, crabes) marins ainsi que de légers sédiments (surtout dans le caisson à fret).

Mesures d'atténuation

S'ils sont contaminés par les BPC, les proliférations marines et le sable fin seront gardés à bord et éliminés selon une méthode satisfaisante. Si les proliférations marines ne sont pas contaminées, elles peuvent en toute sécurité être évacuées par-dessus bord, en conformité avec le permis d'élimination en mer qui serait délivré.

L'immersion de matières en mer est régie au Canada par le chapitre VI de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE). Pour éliminer des matières qui ne sont ni occasionnelles, ni issues du fonctionnement normal d'un navire ou autre bâtiment maritime, il faut avoir un permis d'Environnement Canada. Normalement, la délivrance de ces permis est assortie de conditions précisant l'heure, la date, le matériel, les circonstances et les tolérances acceptées pour l'immersion en mer de contaminants comme les BPC. Dans le cas de ces derniers, la tolérance maximale est de 100 parties par 10⁹.

Les matières qui ne conviennent pas à l'immersion en mer seront transportées à Halifax, avec la barge, pour y être subséquemment entreposées, éliminées ou détruites dans des installations agréées à cette fin, comme celles de Chem Securities, à Swan Hills (Alberta). L'entreposage et le transport des matières sera conforme au Règlement sur l'entreposage des BPC et au Règlement sur les matières dangereuses. Le personnel appelé dans son travail à être en contact avec des matières risquant d'être contaminées recevra la formation et l'équipement pertinents.

Les manières contaminées restant dans la barge à l'arrivée au port de Halifax seront manipulées et éliminées aux installations de Halifax Shipyards (voir l'annexe E).

2.3.2.6 Transport de la barge jusqu'à Halifax



Une fois la barge bien arrimée sur le pont du navire de transport, elle sera acheminée jusqu'à Halifax (Nouvelle-Écosse) par le détroit de Cabot. Il s'agit là d'une opération de transport ordinaire, comparable à celle des autres navires qui transportent du fret en mer. Le voyage devrait prendre de deux à trois jours. À l'arrivée à Halifax, on nettoiera le pont du navire de la manière qui convient pour en éliminer toute matière contaminée par les BPC, cela avant le déchargement de l'*Irving Whale*. Une fois sur mer, ce dernier sera stabilisé avant d'entrer dans la cale sèche de Halifax Shipyards.

Mesures d'atténuation

Durant le voyage vers Halifax, le navire de transport sera accompagné d'un navire de la GCC.

La route qui sera empruntée dans le golfe du Saint-Laurent jusqu'au détroit de Cabot se trouve à l'écart des grands axes de trafic maritime.

Les conditions météorologiques seront continuellement surveillées durant le voyage et des ports de refuge seront désignés d'avance en cas de mauvais temps.

2.3.2.7 Enlèvement des BPC de l'*Irving Whale* dans les installations de Halifax Shipyards

Une fois l'*Irving Whale* placé en toute sécurité dans la cale sèche des installations de Halifax Shipyards Limited (HSL), les BPC contenus dans le système de chauffage seront enlevés, selon des modalités conformes à la réglementation provinciale (voir l'annexe E). Auparavant, on aura prélevé des échantillons de différentes parties de la barge pour déterminer si le mazout, l'eau et les surfaces de la barge ont été contaminés par les BPC. Si on y trouve des BPC, ceux-ci seront enlevés et éliminés de façon conforme aux exigences fédérales et provinciales.

2.4 Autres options prises en considération

2.4.1 Introduction

Tenter de retirer le fluide de chauffage de l'*Irving Whale* tandis qu'il est au fond de l'eau présente un facteur supplémentaire de risque pour l'environnement. Cela augmente aussi considérablement les risques professionnels pour les plongeurs, en raison du temps accru qu'ils devront passer sous



l'eau et des dangers qu'ils soient contaminés par les BPC advenant une rupture ou une défaillance. Il a été fortement recommandé de renflouer la barge telle qu'elle est et de s'occuper des BPC en surface (Searle and Associates, 1996).

On a examiné plusieurs façons de traiter la présence des BPC à bord de l'*Irving Whale* avant l'opération de renflouage décrite à la partie 2.3. Voici un bref exposé de chacune d'elles .

2.4.2 Stabilisation des BPC

On a envisagé diverses possibilités de stabilisation du fluide de chauffage pour l'empêcher de fuir durant le renflouage de la barge.

- ▶ L'utilisation d'*agents chimiques* pour solidifier ou gélifier les BPC dans le circuit de chauffage n'a pas été jugée pratique. Des «fixatifs» connus comme les cendres volantes, la poussière de ciment et le silicate de sodium n'auront pas l'effet recherché en milieu aqueux. L'utilisation de mousse de polyuréthane comme bouchon-écran ne donne de bons résultats que dans des conditions atmosphériques normales, où cette mousse peut se solidifier. Un milieu aqueux dissoudra partiellement le composé de polyuréthane injecté, ce qui aura pour effet d'introduire un nouveau polluant chimique sur les lieux, sans obtenir les résultats souhaités. Cette option a été éliminée de l'évaluation approfondie parce que l'utilisation d'*agents chimiques* n'a pas été jugée pratique.
- ▶ La *congélation de certains tronçons* de la canalisation par une couverture d'azote pour isoler les BPC a été écartée comme moyen de stabiliser le système de chauffage avant le renflouage. Cette façon de procéder n'est pas réalisable du point de vue technique en raison de la taille des conduites et des propriétés caloriporantes de l'eau environnante. Cette option a été éliminée de l'évaluation approfondie parce qu'elle n'a pas été jugée pratique.
- ▶ L'utilisation de *polymères* pour encapsuler ou figer le fluide de chauffage n'est pas une solution pratique. Ces polymères ont une densité inférieure à celle de l'eau de mer et auront donc tendance à monter vers la surface au lieu de couler vers les BPC. De plus, le pompage des polymères dans les conduites de chauffage augmentera la pression interne, risquant de provoquer une rupture du système et augmentant donc les risques de fuite dans l'environnement. Cette option a été éliminée de l'évaluation approfondie parce qu'elle n'a pas été jugée pratique.



- ▶ Le recouvrement des perforations de la barge par une membrane d'étanchéité, en vue de bloquer et retenir les fluides comme le mazout ou les BPC, a été suggéré durant les réunions d'établissement de la portée des incidences à Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard). Plusieurs difficultés ont été mises en évidence, qui limitent l'efficacité de cette méthode :
- ▶ La membrane se comporterait comme une voile sous la barge, réduisant la stabilité de cette dernière au cours du levage.
- ▶ La taille de la membrane, à elle seule, créerait des problèmes et des dangers importants pour les plongeurs, car il faudrait placer la membrane autour de la barge tandis que cette dernière est suspendue par deux élingues dans une hauteur d'eau atteignant 67 mètres;

Après examen en bonne et due forme de ces difficultés, on a conclu que le recouvrement de la barge avec une membrane d'étanchéité n'était pas une solution pratique.

2.4.3 Isolement des BPC

- ▶ La fermeture des vannes pour isoler des parties du système de chauffage afin de réduire l'écoulement de BPC en cas de fuite comporte un danger intrinsèque. Les vannes risquent en effet de se fracturer ou les fouloirs de presse-garniture peuvent lâcher lorsqu'on tourne le volant. De plus, l'envoi d'un plongeur dans la salle des machines pour fermer les vannes du collecteur présente un fort risque, inacceptable pour la sécurité du plongeur.
- ▶ *Le sertissage ou la retreinte* de certains tronçons de la canalisation de chauffage a aussi été envisagé comme moyen d'isoler les BPC. C'est une méthode qui risque de provoquer la fracture de la canalisation, et donc des fuites.

Il y a moins de risque pour l'environnement si la barge est renflouée en toute sécurité sans que l'on tente d'isoler le fluide de chauffage de la cargaison.

2.4.4 Enlèvement des BPC

On a envisagé plusieurs moyens d'enlever la totalité ou une partie du fluide de chauffage de la cargaison avant de renflouer l'*Irving Whale*. Voici une analyse des diverses méthodes prises en considération. Elles sont toutes jugées susceptibles d'accroître les risques, à la fois pour les plongeurs et pour l'environnement.



2.4.4.1 Enlèvement des BPC de la canalisation bouclée

L'enlèvement du fluide de chauffage de la canalisation bouclée exige que celle-ci soit intacte. Elle nécessiterait aussi que l'on isole cette canalisation, qu'on procède à une dérivation, ou piquage¹, à chacune de ses extrémités et qu'on recoure au pompage ou à l'aspiration pour transférer le fluide de chauffage dans un autre contenant. Il faudrait injecter un fluide de déplacement dans la canalisation bouclée à un des deux points de piquage, tandis que les BPC seraient enlevés à l'autre.

La canalisation bouclée peut être isolée en sertissant la conduite d'alimentation et de retour de la canalisation bouclée près de la salle des machines et en sertissant la conduite d'alimentation et de retour de chaque serpentin de citerne ou en fermant les vannes des serpentins de citerne. Le sertissage des conduites risque de ne pas donner de bons résultats et d'aboutir à des fuites de BPC dans l'environnement. Par ailleurs, la fermeture des vannes risque aussi d'être inefficace.

2.4.4.2 Enlèvement des BPC des serpentins de citerne

Le fluide de chauffage de la cargaison pourrait être retiré de chaque serpentin de citerne par une méthode comparable à celle qui était envisagée pour la canalisation bouclée. Il faudrait pour cela isoler chaque serpentin de la canalisation bouclée, procéder à un piquage aux extrémités d'alimentation et de retour, puis retirer le fluide par aspiration ou par pompage. Pour appliquer cette méthode, il faudrait que les serpentins de citerne soient intacts.

2.4.4.3 Enlèvement des BPC de la salle des machines et de la salle des pompes

Deux méthodes de récupération du fluide de chauffage ayant pu s'écouler dans les bouchains de la salle des machines et de la salle des pompes ont été envisagées :

- Un système d'aspiration installé sur un navire de servitude à la surface pourrait servir à aspirer les BPC du fond de la barge. Un tuyau à gaine double descendrait à 67 m (220 pi) à partir du navire de surface jusqu'aux bouchains des salles des machines et des pompes de l'*Irving Whale*, auxquelles on accéderait en insérant une sonde dans des trous percés dans le pont de la barge. Un mauvais fonctionnement dans la conduite collectrice, dans ses raccords ou dans le système de réservoir à dépression pourrait être source de pollution. De plus, des débris présents dans le fond des compartiments de machines pourraient boucher temporairement la sonde d'aspiration; on augmenterait encore les risques de pollution en

¹ Opération consistant à percer un trou dans une conduite sans que son contenu ne s'échappe dans l'environnement. Un tuyau peut aussi être branché pour éliminer le contenu de la conduite.



tendant d'enlever ces débris.

- On a envisagé un autre système de sonde et d'aspiration permettant d'enlever les BPC des bouchains des salles des machines et des pompes, et faisant appel à l'entreposage des BPC dans un contenant installé sur le pont de l'*Irving Whale* plutôt qu'en surface. Une vanne pourrait permettre aux plongeurs de fermer immédiatement le système en cas de mauvais fonctionnement. En installant la citerne à dépression sur une palette à fond plein dotée d'un bord à batardeau, les BPC qui s'écouleraient de la citerne pourraient probablement être retenus à l'intérieur du batardeau, et être ensuite retirés au moyen du même matériel d'aspiration.

En raison des risques de fuite du fluide de chauffage et des risques pour la sécurité des plongeurs que comportent les deux méthodes d'aspiration, il a été fortement recommandé de renflouer la barge telle qu'elle est et de s'occuper des BPC à la surface (Searle and Associates, 1996).

2.4.4.4 Enlèvement des BPC des corps de chauffe et du matériel connexe dans la salle des machines

Si le système de chauffage est intact dans la salle des machines et dans la salle des pompes, il pourrait être possible d'enlever le fluide de chauffage en isolant le système aux collecteurs d'alimentation et de retour et en pratiquant un piquage dans le système ou près des collecteurs, pour ensuite retirer le fluide. Outre le danger accru de fuite que comporte cette opération, elle entraîne aussi des risques importants pour les plongeurs, qui devraient pénétrer dans la salle des machines dans des conditions extrêmement dangereuses.

2.4.4.5 Enlèvement de tous les BPC de l'*Irving Whale*

Enlever tous les BPC de l'*Irving Whale* accroîtrait les risques de pollution, puisque cela ferait appel à certaines ou à la totalité des méthodes décrites aux points 2.4.4.1 à 2.4.4.4.

2.5 Évaluation des risques associés aux cinq options de renflouage de l'*Irving Whale*

Les cinq options

Nous avons déterminé qu'il y avait cinq options pour renflouer l'*Irving Whale*; deux d'entre elles comportent, à divers degrés, l'enlèvement du fluide de chauffage avant le renflouage. Voici une description du traitement des BPC dans chacune d'elles :



Évaluation approfondie du projet de récupération de l'*Irving Whale*, tenant compte de la présence du BPC

- ▶ Option 1 - **OPÉRATION PRÉVUE - 1995** : l'opération telle qu'elle était prévue dans l'Évaluation environnementale initiale de juin 1994.
- ▶ Option 2 - **OPÉRATION PROPOSÉE - 1996** : compte tenu de la présence des BPC, utilisation de mesures d'atténuation supplémentaires pour réduire ou empêcher toute fuite éventuelle de BPC (p. ex. : colmatage des perforations, protection des conduites du système de chauffage).
- ▶ Option 2a - **OPTION 2 PLUS «ISOLEMENT»** : option consistant à cloisonner le fluide de chauffage dans le système de chauffage pour limiter les fuites éventuelles.
- ▶ Option 2b - **OPTION 2 PLUS VIDANGE DE LA «CANALISATION BOUCLÉE»** : option consistant en plus à retirer le fluide de chauffage des parties du circuit de distribution (canalisation bouclée), et ne nécessitant pas l'entrée des plongeurs dans la barge.
- ▶ Option 2c - **OPTION 2 PLUS VIDANGE DE TOUT LE CIRCUIT** : option consistant en plus à retirer le fluide de chauffage de toutes les parties du circuit, y compris celles qui nécessiteront l'entrée des plongeurs dans la barge.

La plupart des options incluront des opérations menées à l'extérieur de la barge; pour certaines, il faudra peut-être pénétrer dans la barge pour effectuer des tests de dépistage des contaminants ou achever leur enlèvement.

Les trois types de risque

Pour chacune des cinq options, il existe trois sources possibles de risque :

- A) **LES RISQUES TECHNIQUES** : risques liés aux structures, au matériel, aux méthodes et aux technologies utilisés (p. ex. : défaillance mécanique d'une pompe);
- B) **LES RISQUES POUR LES TRAVAILLEURS** : risques liés à la santé et à la sécurité des travailleurs
- C) **LES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX** : risques liés au déversement de BPC et à leur impact sur l'environnement; ces risques sont évalués en fonction de l'impact des BPC sur les éléments importantes de l'écosystème, ou EIE.



Pour évaluer les risques associés à l'«opération proposée» (OP), on a aussi tenu compte du risque de «déversement majeur» (DM), qui surviendrait, par exemple, dans «les scénarios de la pire éventualité».

Le tableau 2 montre les risques humains et environnementaux associés aux cinq options de renflouage de l'*Irving Whale*.

Le barème subjectif suivant, basé sur le jugement professionnel des chefs de projet et des experts dont les conseils ont été sollicités pour le projet, illustre l'interaction potentielle des facteurs de risque.

.....0.....	1.....	2.....	3.....	4.....	5.....
aucun risque	faible risque	risque moyen		risque élevé	

Pour illustrer les résultats de l'évaluation professionnelle, on a évalué les risques OP et DM pour chaque option, selon une échelle de 1 à 5, le 1 représentant le moindre risque et le 5 le plus grand risque par rapport aux autres options. Quand on ne pouvait différencier un risque commun à deux options en termes de probabilité, on attribuait le même rang aux deux options. Par exemple, s'il était évident que l'une des cinq options était la moins risquée par rapport aux quatre autres (selon le jugement professionnel), alors cette option recevait le rang 1. Si on ne pouvait différencier, selon le même jugement professionnel, les quatre autres options en ce qui concerne les risques, celles-ci recevaient toutes le rang 2.

Dans l'évaluation, on a pris en compte trois types de risques associés aux opérations proposées (OP). Le risque technique, soit le risque qu'un accident ou quasi-accident survienne, pendant l'opération, à cause d'une erreur humaine ou d'une défaillance mécanique (risque technique-OP; colonne A du tableau 2). Les accidents ou quasi-accidents pourraient causer des retards parce qu'ils exigeraient des réparations. Ils pourraient également donner lieu à des déversements contrôlables de BPC dans l'environnement. Enfin, il pourrait déboucher sur ces trois scénarios simultanément.

Le risque pour la santé et la sécurité des travailleurs (santé et sécurité des travailleurs-OP, colonne «B», tableau 2) est défini comme le risque de blessure et de perte de vie en cas d'accident ou quasi-accident. La principale préoccupation portait sur le fait qu'un accident pourrait entraîner une perte de vie. On a attribué la première priorité à ce risque dans le projet.



TABLEAU 2

**Comparaison des options en fonction des risques
pour le renflouage de l'*Irving Whale***

OP- TIONS	RISQUE TECHNIQUE (A)		SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TRAVAILLEURS (B)		RISQUE ENVIRONNEMENTAL (C)		RISQUE RELATIF TOTAL	
	OP ¹	DM ²	OP ³	DM ⁴	OP ⁵	DM ⁶	OP ⁷	DM ⁸
Option 1.	1	4	1	1	3	1	4	8
Option 2	1	4	1	1	2	1	3	8
Option 3	2	3	2	1	1	1	6	6
Option 4	3	2	3	1	2	1	15	4
Option 5	4	1	4	1	3	1	28	2

1. Risque technique-OP (opération proposée) : il s'agit du risque d'accident attribuable à l'erreur humaine ou à des circonstances imprévues qui pourrait survenir au cours de l'opération telle qu'elle a été conçue. Si on ne pouvait différencier les risques relatifs entre deux options, on leur a attribué le même rang.

2. Risque technique-DM (déversement majeur): il s'agit du risque relatif d'un déversement majeur de BPC pendant l'opération. Si on ne pouvait différencier les risques relatifs entre deux options, on leur a attribué le même rang.

3. Santé et sécurité des travailleurs-OP : il s'agit du risque relatif de blessure mortelle au cours de l'opération telle qu'elle a été conçue. Si on ne pouvait différencier les risques relatifs entre deux options, on leur a attribué le même rang.

4. Santé et sécurité des travailleurs-DM : il s'agit du risque relatif de blessure mortelle au cours de l'opération, en cas de déversement majeur de BPC. Si on ne pouvait différencier les risques relatifs entre deux options, on leur a attribué le même rang.

5. Risque environnemental-OP : il s'agit du risque relatif de l'impact environnemental de l'opération, calculé en prévision d'un déversement de faible importance (mais qu'on peut réduire) qui surviendrait au cours de l'opération proposée.

6. Risque environnemental-DM : il s'agit du risque relatif de l'impact environnemental de l'opération, en cas de déversement majeur de BPC. Si on ne pouvait différencier les risques relatifs entre deux options, on leur a attribué le même rang.

7. Risque relatif total-OP = (rang du risque technique-OP x rang du risque pour la santé-sécurité des travailleurs-OP) + (rang du risque technique-OP x rang du risque environnemental-OP)

8. Risque relatif total = (rang du risque technique-DM x rang du risque pour la santé-sécurité des travailleurs-DM) + (rang du risque technique-DM x rang du risque environnemental-DM)



Évaluation approfondie du projet de récupération de l'*Irving Whale*, tenant compte de la présence du BPC

Le risque pour l'environnement (risque environnemental-OP, colonne «C», tableau 2) est considéré comme étant fonction de la quantité de BPC déversés, dont on prévoit qu'elle aura un impact mesurable sur l'environnement, en cas de déversement accidentel mais contrôlable au cours de l'opération prévue.

Comme le but de cette opération est d'enlever l'Aroclor 1242 (et le mazout) de l'environnement, le risque relatif d'un important déversement imprévu et hautement improbable (risque technique-DM) a également été évalué pour chaque option. Aucune des options n'était exempte du risque (improbable, mais possible) d'un déversement majeur de tous les BPC. En cas de déversement majeur, la catégorie santé et sécurité des travailleurs-DM comprend le risque de blessure et d'exposition aux BPC. Un déversement majeur de BPC menacerait également l'environnement (risque environnemental-DM).

Pour illustrer les risques relatifs à chaque option, on a calculé le risque relatif total (tableau 2). Ainsi, pour chaque option, on a multiplié le rang du risque technique relatif-OP d'une part par le rang du risque relatif de blessure mortelle aux travailleurs, d'autre part par le rang relatif du risque environnemental (risque environnemental-OP). On a additionné ces deux produits pour obtenir le risque relatif total-OP [c.-à-d. $\text{risque relatif total-OP} = (\text{rang du risque technique-OP} \times \text{rang du risque pour la Santé et sécurité des travailleurs-OP}) + (\text{rang du risque technique-OP} \times \text{rang du risque environnemental-OP})$]. Le processus pour les rangs relatifs à un déversement majeur (DM) a été répété pour le calcul du risque relatif total-DM.

Résultats du classement

Le tableau 2 illustre le classement des risques pour les trois catégories de risque (risque technique, risque pour la santé et la sécurité des travailleurs et risque environnemental).

- Plus l'opération est complexe et longue, plus le risque technique-OP augmente, a-t-on estimé.
- On a jugé que le risque pour les travailleurs augmente avec le temps que les plongeurs passent sous l'eau et avec la nécessité qu'ils pénètrent dans la barge, ou qu'ils se trouvent à proximité de celle-ci sans la protection de la cloche de plongée.
- On a jugé que le risque environnemental augmente avec la quantité de fluide de chauffage qui pourrait être déversée lors de la remontée de la barge.

Les options 1 (OPÉRATION PRÉVUE - 1995) et 2 (OPÉRATION PROPOSÉE - 1996) sont comparables en termes de durée et de complexité. L'option 2a (ISOLEMENT) est plus complexe que les options 1 ou 2 et prendra plus de temps.



Les options 2b (VIDANGE DE LA CANALISATION BOUCLÉE) et 2c (VIDANGE DE TOUT LE CIRCUIT) sont aussi plus complexes et plus longues que les options 1 et 2, l'option 2 c exigeant que les plongeurs pénètrent dans la barge pendant que celle-ci sera sous l'eau. Ces deux options sont les plus risquées au plan technique et au plan de la sécurité nautique. L'option 2c comporte le plus de risques parce que les plongeurs devront pénétrer dans la barge.

En ce qui concerne le risque environnemental-OP, on a jugé que les options 1 et 2a sont semblables. L'option 1 ne comporte aucune précaution particulière qui tienne compte de la présence de BPC dans la barge. L'option 2c représente l'opération la plus complexe et comporte le plus grand risque de déversement de BPC. Si on pouvait réaliser l'option 2a de façon sécuritaire, le risque de déversement de BPC serait alors le plus réduit. Les options 2 et 2b constituent des compromis. Dans l'option 2, il n'y aurait pas d'enlèvement de BPC avant le renflouage, même si de petites quantités pourraient être déversées lors du renflouage. Avec l'option 2b, moins de BPC seraient déversés lors du renflouage, mais il y aurait risque de déversement pendant la tentative d'enlèvement des BPC.

Le risque relatif total-OP est faible pour les options 1 et 2, par rapport à toutes les autres. L'option 2c présente le risque relatif le plus élevé dans le cadre des opérations proposées.

Aucune des options techniques n'est exempte du risque de déversement majeur de BPC dans l'environnement (risque technique-DM). Par contre, la probabilité d'un tel déversement, dans toutes les options, est faible.

Les risques qui planent sur la santé et la sécurité des travailleurs (santé et sécurité des travailleurs-DM) lors d'un déversement majeur sont équivalents pour toutes les options. Aucune des options n'est exempte du risque de déversement majeur, et on n'a pu trouver d'argument crédible pour justifier l'attribution de rangs différents aux risques. Suivant le même raisonnement, il a été impossible de différencier, pour les diverses options, les risques environnementaux (risque environnemental-DM) associés à un déversement majeur de BPC.

Le risque relatif d'un déversement majeur (risque relatif total-DM) atteint son maximum dans la situation suivante : tous les BPC sont laissés à bord du navire pendant qu'on le renfloue. Les options 1 et 2 sont semblables à cet égard. Les options 2a, 2b et 2c réduiront la quantité de BPC présente en cas de déversement majeur, mais la tentative d'extraction des BPC tandis que l'*Irving Whale* est encore sous l'eau comporte un risque intrinsèque.

Choisir une option

Le tableau 2 indique que le risque relatif total-OP propre à l'option 2 est le plus faible. Le



risque relatif total-DM est le plus faible pour l'option 2c, mais celle-ci pose le plus de risques pour l'opération proposée (risque relatif total-OP). C'est dans l'option 2a que l'on trouve le meilleur équilibre entre les opérations proposées (risque relatif total-OP) et l'éventualité d'un déversement majeur (risque relatif total-DM). **On a choisi l'option 2, car elle présente le moins de risques pour l'opération proposée. De plus, elle présente le moins de risque d'accident mortel pour les travailleurs.**

2.6 Gestion du projet

2.6.1. Introduction

La gestion de l'opération revêt une importance fondamentale. Les responsabilités, pouvoirs et voies hiérarchiques seront clairement définis et agréés par toutes les parties. Si une situation se présente, elle peut entraîner des changements mineurs à l'opération, mais ces changements ne seront apportés qu'après consensus parmi toutes les parties intéressées.

2.6.2 Opération de renflouage

L'équipe de gestion fédérale se composera des personnes suivantes

- ▶ Le commandant sur place (CSP), qui aura la responsabilité générale des décisions et de l'intervention en cas de déversement. Dans ses décisions, le CSP recevra les conseils et le concours d'une équipe de spécialistes des ministères et organismes suivants
 - Ministère des Transports
 - Environnement Canada
 - Ministère des Pêches et des Océans
 - Expert en récupération maritime de renommée internationale représentant le gouvernement fédéral
- ▶ Des spécialistes et personnes expérimentées représentant d'autres parties intéressées, comme les assureurs, peuvent aussi être présents. On aurait recours à leur expérience et à leur expertise au besoin, pour obtenir les meilleurs conseils collectifs qui soient face à toute difficulté éventuelle.



L'opération de renflouage sera exécutée par un entrepreneur qui fournira le matériel et le personnel spécialisés nécessaires. Des membres de l'équipe fédérale de gestion, des experts et d'autres conseillers seront sur place pour fournir des conseils, s'il y a lieu.

Le CSP, secondé de conseillers, notamment d'un expert de renommée internationale, sera installé à bord du navire de commandement de la Garde côtière. En général, les membres de l'équipe présente sur place effectueront des visites quotidiennes à bord des navires de l'entrepreneur pour suivre l'avancement de l'opération.

2.6.3. Opération de transport

Le transport de l'*Irving Whale* du lieu de récupération à Halifax constituera, à toutes fins utiles, pour l'entrepreneur un voyage commercial normal. Le capitaine du navire remorqueur sera donc responsable du déroulement du voyage, régi par la réglementation et les lignes de conduite pertinentes. Par mesure de sécurité, la GCC fournira un navire d'accompagnement, doté des pleines capacités de remorquage, pour tout le voyage depuis le lieu du renflouage jusqu'à Halifax.

2.6.4. Plans de mesures d'urgence pour le nettoyage d'un déversement

Si un déversement se produisait durant le renflouage ou le transport de la barge, l'opération de nettoyage serait dirigée par le MPO. La gestion de cette opération sera décrite dans le Plan de mesures d'urgence de l'opération *Irving Whale* - 1996, ministère des Pêches et des Océans - Garde côtière canadienne - Maritimes et dans celui des Équipes régionales d'intervention d'urgence/Équipe régionale d'intervention pour la protection de l'environnement dans l'opération *Irving Whale*, Environnement Canada.

La planification de mesures d'urgence s'inscrit dans le programme d'atténuation. En raison de la présence de BPC, le plan de mesures d'urgence initial a été modifié. On y a inclus des inspections et des mesures des BPC présents dans l'eau de la barge et dans les sédiments entourant celle-ci, qui doivent être réalisées préalablement au renflouage. On disposera en surface de matériel capable de retirer les BPC sous forme liquide recouvrant les sédiments, et d'installations d'entreposage.

2.6.5 Assurance-responsabilité

L'entrepreneur sera tenu de contracter une assurance visant:

- tous les navires et le personnel employé ou engagé par l'entrepreneur et participant aux opérations exécutées par l'entrepreneur, en ce qui concerne les risques de tierce partie,



cela selon les conditions d'assurance établies par la P&I Association ou selon des conditions équivalentes à celles-ci;

- le coût du contrôle et du nettoyage de la pollution survenant dans les eaux ou sur les plages du golfe du Saint-Laurent par suite de la négligence de l'entrepreneur;
- la protection est de dix millions de dollars (10 000 000 \$) canadiens pour toute demande d'indemnisation, à l'exception des dommages dus à la pollution, pour lesquels la protection minimale acceptable est de 100 millions de dollars (100 000 000 \$) canadiens;
- il convient de noter qu'à l'heure actuelle la police d'assurance de l'entrepreneur exclut les BPC. Toutefois, les représentants du gouvernement négocient avec les assureurs pour que cette exclusion soit levée.

2.7 Programme de santé et de sécurité

L'entrepreneur fournira un plan de sécurité exhaustif pour toute l'opération.

Les navires appelés à manipuler ou à recevoir des charges lourdes et les autres navires de soutien doivent avoir fait l'objet d'une inspection annuelle attestée par un certificat émanant d'administrations ou d'organismes compétents et acceptable par la Garde côtière canadienne (GCC).

Tout navire étranger susceptible de participer à l'opération de récupération sera inspecté par l'administration canadienne avant d'être exploité dans les eaux canadiennes.

Le matériel de plongée doit être inspecté par l'Office national de l'énergie avant d'être considéré comme agréé. De plus, les plongeurs doivent être en possession de certificats valides. Les équipes de plongée tiendront régulièrement des réunions sur la sécurité.

Un navire de la GCC doté d'une aire d'atterrissage pour hélicoptères sera sur place pendant toute la durée de l'opération. De plus, un hélicoptère de la GCC sera affecté à l'opération et sera prêt à évacuer des lieux le personnel en cas d'urgence.

L'entrepreneur sera tenu d'avoir un médecin de garde, spécialisé en médecine de plongée, pour le cas où surviendrait une urgence médicale au sein de l'équipe de plongée.



La GCC a élaboré un plan de santé et de sécurité traitant des besoins du personnel chargé du nettoyage du mazout et des BPC en mer et à terre.

Une zone d'interdiction de la circulation aérienne et maritime sera en vigueur durant l'opération de récupération.

3. ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE

3.1 Conditions actuelles

3.1.1 Géographie

Le golfe du Saint-Laurent (le Golfe), qui se trouve sur la côte est du Canada, est relié à l'océan Atlantique Nord par deux bras de mer, le détroit de Cabot et le détroit de Belle-Isle (figure 1 du rapport scientifique du MPO). D'une part, le détroit de Cabot a une largeur de 104 km et une profondeur maximale de 480 m; d'autre part, le détroit de Belle-Isle n'est large que de 16 km et a un seuil de 60 m (Strain, 1988). Le Golfe tire son eau douce d'un vaste bassin hydrographique dominé par le fleuve Saint-Laurent, d'où provient bien au-delà de la moitié du volume d'eau. Le débit moyen d'eau douce du Saint-Laurent s'élève à quelque 350 km³ par an à la hauteur de Québec. Le Golfe est également alimenté en eau douce par des rivières coulant au nord et à l'ouest. Le débit moyen de plusieurs rivières de la côte nord du Québec est de 130 km³ par an. Par contraste, les cours d'eau des autres secteurs de la région, à savoir la Gaspésie, Terre-Neuve, le Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard et la Nouvelle-Écosse, ne fournissent que 47 km³ d'eau par an (Strain, 1988). L'eau souterraine constitue une source d'alimentation négligeable (Eaton et al., 1994).

3.1.2 Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques de la région sont décrites dans le rapport scientifique du MPO (annexe C). On connaît assez bien le Golfe sur une vaste échelle géographique, mais beaucoup moins sur une échelle locale, où les variations sont très grandes. La topographie du fond marin est dominée par la dépression Laurentienne, fosse de 300 à 500 m de profondeur qui s'étend sur 1 300 km, depuis l'estuaire du Saint-Laurent (l'Estuaire) jusqu'au détroit de Cabot. C'est là que se dépose l'essentiel des sédiments fins de l'Estuaire et du Golfe (Loring et Nota, 1973). Les eaux profondes y sont principalement influencées par des eaux océaniques de l'Atlantique



qui pénètrent dans le Golfe et se rendent jusqu'à l'embouchure du fjord du Saguenay. Le Golfe est également caractérisé par la présence d'une couche intermédiaire froide d'environ 125 m d'épaisseur entre les eaux de surface et les eaux profondes. Transportée par le courant du Labrador, cette couche d'eau se refroidit localement en hiver (Gilbert et Pettigrew, 1995). Autour du Golfe, les courants de surface semblent être cycloniques et sont dominés par le courant de la Gaspésie, puissant courant côtier qui prend naissance dans l'Estuaire et qui s'intensifie autour de la Gaspésie (Koutitonsky & Bugden, 1990).

L'Irving Whale repose dans une zone relativement plane et peu profonde, de 60 à 80 m de la surface, dans le secteur sud-ouest du Golfe. En été, cette zone est soumise à une stratification thermique intense, la température pouvant passer de 15 °C en surface à moins de 2 °C sous la couche superficielle (entre 0 et 30 m de profondeur). Dans les eaux profondes, la salinité de l'eau varie peu d'une saison à l'autre, et la température du fond peut varier entre 1,5 et 1 °C pendant la majeure partie de l'année, sauf à l'automne, où elle s'élève à 2 °C dans la colonne d'eau entière.

3.1.3 Écologie du littoral

Le littoral qui entoure le Golfe regorge de panoramas saisissants et de plages. Un grand nombre de régions renferment une biodiversité considérable, et certains secteurs côtiers ont été classés parcs provinciaux ou nationaux. Le Golfe est une zone touristique de choix qui se distingue par sa beauté exceptionnelle et son air de mystère.

Le sol de la région est peu fertile mais les meilleures terres arables se trouvent dans la plaine côtière. Le littoral est utilisé pour diverses activités agricoles, notamment le pâturage, l'ensilage ainsi que la culture de fourrage, de céréales, de pommes de terre et d'autres légumes, de tabac, de fruits et de baies. On y trouve également des serres, des exploitations d'élevage d'animaux à fourrure et des installations de production de gazon. Bon nombre de secteurs font également l'élevage du bétail, surtout des bovins laitiers et de boucherie, du porc, de la volaille, du mouton, du canard et du dindon.

La forêt sert d'habitat à toute une gamme d'oiseaux et de mammifères qui sont souvent la cible des chasseurs et des trappeurs. La faune de la région est principalement constituée d'orignaux, de caribous, de chevreuils et d'ours noirs, qui, des années durant, ont servi de nourriture aux Autochtones et aux premiers colons européens. Le lièvre d'Amérique, le castor, le raton-laveur, le rat musqué et le renard roux sont également recherchés pour leur viande et leur fourrure. Certaines espèces, comme le loup, la martre et le couguar, sont disparues par suite d'une chasse excessive et de la destruction de leur habitat (Eaton et al., 1994).



Les forêts sont également la clé de voûte d'une importante industrie de fabrication de produits forestiers qui n'ont d'égal nulle part ailleurs en raison de leur riche agencement de feuillus et de conifères. L'exploitation forestière et les activités qui en dépendent ont un impact appréciable sur l'intégrité de la région. L'aménagement des terres a engendré la création d'un mélange de forêts et de champs.

Le littoral est également parsemé de terres humides. Ces zones marécageuses hautement fertiles servent d'habitat à un éventail varié d'animaux et d'aire de reproduction à un grand nombre d'espèces d'oiseaux. Le secteur est fréquenté par diverses espèces d'oiseaux marins, d'oiseaux aquatiques et d'oiseaux de rivage (voir la section 3.1.7.9). Les terres humides jouent un rôle important sur le plan hydrologique : elles agissent sur la qualité, la distribution et le débit de l'eau.

La région du Golfe compte 16 espèces en danger d'extinction, 6 espèces menacées et 14 espèces vulnérables. Le tableau 3 en présente la liste.

3.1.4 Océanographie physique

La région du Golfe est caractérisée par la présence de sédiments sablonneux à grains très grossiers en raison de la circulation au fond qui empêche le dépôt de particules fines. Des observations effectuées en été, de juin à septembre 1993, indiquent que des courants oscillatoires de courte durée, d'une vitesse de 20 cm/s, suivant un axe orienté nord-ouest sud-est (310° - 130°) sont engendrés par les marées et remettent quotidiennement en suspension les sédiments. L'effet net de ces courants est un écoulement résiduel en direction est-sud-est (110°), d'une vitesse de 0,5cm/s. La modélisation des courants dans la partie sud du Golfe à une résolution de 5 km avec un champ de densité réaliste pour les marées, le ruissellement des eaux douces et les vents climatologiques fournit des résultats qui concordent avec ces observations (fig. 7). Des courants oscillatoires de courte durée présentant approximativement la même orientation que ceux observés pendant l'été de 1993 (320° - 140°) portent en effet à une vitesse similaire de 20 cm/s. Le champ d'écoulement résiduel présente également une vitesse similaire de moins de 1 cm/s. Cependant, l'orientation et la vitesse de l'écoulement résiduel présentent une grande variabilité aux environs de l'emplacement de *l'Irving Whale* et cet écoulement décrit une boucle presque fermée où la vitesse atteint 7 cm/s en certains endroits. À l'est de l'emplacement de *l'Irving Whale*, les courants résiduels sont orientés au nord-nord-est en direction de la dépression Laurentienne (Rapport scientifique du MPO - annexe C).



TABLEAU 3

**Espèces en danger d'extinction, menacées et vulnérables
Du golfe du saint-laurent**

	En danger d'extinction	Menacées	Vulnérables
Mammifères :	Couguar de l'est Carcajou (pop. de l'Est) Baleine franche	Marsouin commun (pop. de l'Atl.-Ouest) Martre de Terre-Neuve	Rorqual bleu Rorqual commun Rorqual à bosse (pop. de l'Atl.) Baleine à bec de Sowerby Musaraigne de Gaspé Ours polaire Petit polatouche
Oiseaux :	Pluvier siffleur Canard arlequin (pop. de l'Est) Faucon pèlerin (subs. anatum) Courlis esquimaux	Sterne de Dougail	Sterne caspienne Merle bleu de l'Est Bruant des prés Épervier de Cooper Mouette blanche Faucon pèlerin de la toundra Petit butor
Reptiles et amphibiens :	Tortue luth		
Poissons :	Corégone d'Acadie		Petit barré (pop. de Terre-Neuve) Esturgeon à museau court Crapet rouge
Plantes :	Pédiculaire de Furbish Benoîte de Peck Coréopsis rose Rossolis filiforme Hydrocotyle	Lopholite d'Amérique Sabatia de Kennedy Cléthre à feuilles d'aulne Aster d'Anticosti	Aster de Bathurst Aster du golfe du Saint-Laurent Lilaeopsis Jonc du New Jersey

(extrait de Eaton et al., 1994)



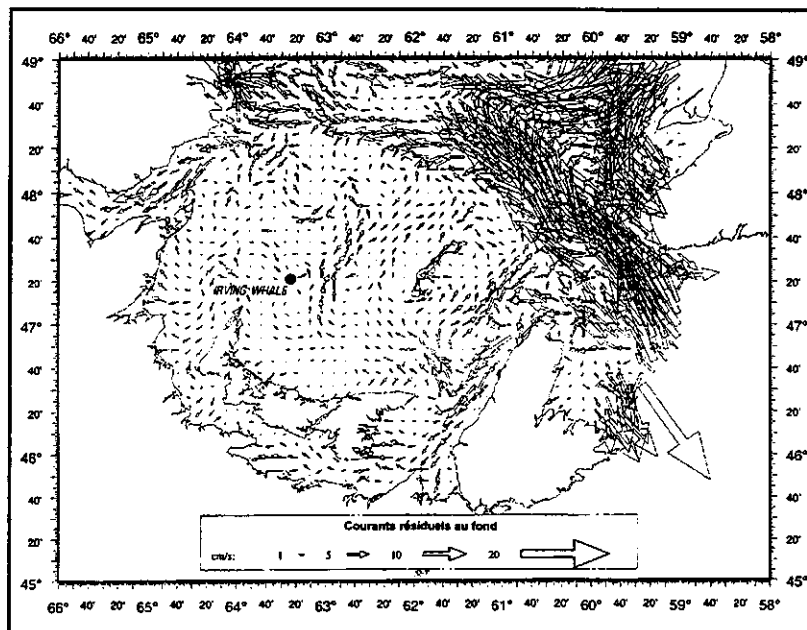


Figure 7 - Amplitude des courants résiduels au fond dans la dépression méridionale du golfe du Saint-Laurent et dans la dépression Laurentienne, d'après une modélisation

3.1.5 Climat et conditions météorologiques

Le Golfe est délimité principalement par l'écozone maritime de l'Atlantique, qui englobe les provinces Maritimes et, dans une certaine mesure, la région boréale de la Gaspésie. Le climat peut être classé «maritime tempéré».

Dans le Golfe, les vents soufflent du sud-ouest en été et du nord-ouest en hiver. Au printemps et en été, les vents forts de l'ouest cèdent le pas à une brise plus légère et plus stable du sud, à mesure que les systèmes météorologiques s'éloignent vers le nord en territoire québécois. La direction des vents dominants est résumée à la figure 2-1 du rapport de CEF (CEF Consultants, 1992). Parfois, à la fin de l'été et au début de l'automne, la région est frappée par des tempêtes d'origine tropicale souvent des queues d'ouragan.

En juillet, le brouillard réduit la visibilité de 5 à 10 % du temps. Pendant l'été, les eaux chaudes du Golfe contribuent peu à refroidir les côtes, comme c'est le cas en bordure des eaux



froides de l'océan Atlantique. En revanche, les eaux du Golfe gèlent en hiver alors que celles de l'Atlantique demeurent en grande partie libres de glace.

Chaque année, le Golfe reçoit entre 750 et 1 400 mm de pluie (Strain, 1988), et les précipitations sont à peu près équivalentes au taux d'évaporation. En hiver, les précipitations semblent fréquemment obéir au cycle suivant la neige se change en pluie verglaçante, et graduellement en pluie, jusqu'à ce que la température chute et que les précipitations se transforment à nouveau en neige. Les hivers sont longs, et les chutes de neige abondantes, soit de 150 à 375 cm; la couverture nivale subsiste pendant 80 à 200 jours, et les températures moyennes oscillent entre -15 et -4 °C (Strain, 1988).

Le climat régional exerce une influence considérable sur l'utilisation des ressources, surtout sur les cultures et la récolte des ressources halieutiques. Il a aussi des effets sur le débit d'eau douce, en raison de la formation de quantités massives de glace en hiver. À la fin de février, le Golfe est encore enseveli sous 7 à 9 dixièmes de sa couverture nivale maximale, et l'industrie des transports doit composer avec cette contrainte. De grandes concentrations de glace continuent de couvrir le secteur sud du Golfe jusqu'en avril, après quoi la débâcle survient rapidement.

3.1.6 Océanographie chimique

Le Golfe est alimenté par des eaux qui, en traversant des secteurs hautement industrialisés, recueillent des substances chimiques venant d'installations de traitement des eaux usées, de barrages hydroélectriques, d'usines de pâtes et papiers, de fonderies et de raffineries d'aluminium. Par conséquent, de nombreuses activités agissent sur la chimie de la région.

Pour connaître la composition chimique organique du Golfe, les scientifiques se servent essentiellement de deux unités de mesure : la quantité de matière organique particulaire et la quantité de matière organique dissoute. Le fleuve Saint-Laurent transporte l'une des concentrations de carbone organique les plus faibles par unité de surface de drainage au monde. Ce phénomène s'explique par le fait que les cours supérieurs des Grands Lacs agissent comme un filet et bloquent le passage des particules. De plus, les tributaires du Saint-Laurent transportent pour la plupart de faibles volumes de matières dissoutes (Strain, 1988).

La plupart des particules en suspension qui pénètrent dans le Golfe viennent du Saint-Laurent. D'après le modèle de Sundby (1974), il est évident que cet apport est contrebalancé par les quantités nettes qui sont évacuées par le détroit de Cabot. Sundby conclut également que tous les sédiments des bassins profonds du Golfe proviennent de l'érosion des zones moins profondes du Golfe.



Vu l'abondance des ressources halieutiques du Golfe, il faut comprendre le cycle de production primaire de trois nutriments essentiels : le nitrate, le phosphate et le silicate. Ces nutriments sont produits grâce à des remontées d'eau et à des mélanges verticaux qui surviennent dans l'Estuaire. Ils sont ensuite transportés horizontalement par le courant de la Gaspésie. Ce cycle confine les nutriments dans le Golfe et le chenal Laurentien. Dans les couches d'eau superficielles, les nutriments sont intégrés au phytoplancton. Certains d'entre eux coulent vers les profondeurs et sont régénérés avant de retourner à la surface.

Les données connues sur la répartition générale du nitrate et du phosphate révèlent que les nutriments sont bien plus concentrés à une profondeur de 75 à 150 m qu'à la surface. Le silicate tend à se répandre de façon plus uniforme à mesure qu'il s'éloigne de la surface. Le nitrate et le phosphate se régénèrent principalement dans les couches situées près de la surface, et le silicate a tendance à se régénérer plus uniformément dans la colonne d'eau tout entière. La figure 8 montre le flux des nutriments dans le Golfe.

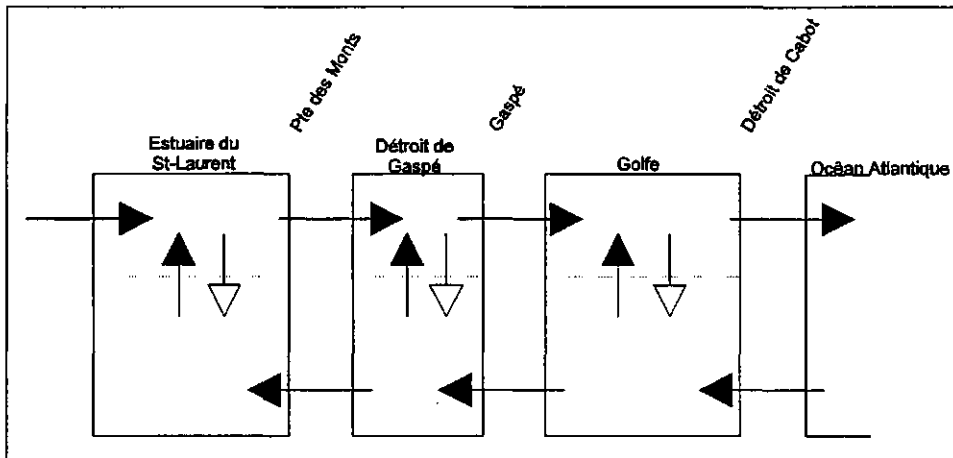


Figure 8 - Modèle amélioré de la boîte appliqué aux nutriments du golfe du Saint-Laurent

3.1.7 Océanographie biologique

3.1.7.1 Introduction

Les communautés biologiques du Golfe représentent une source de revenu pour de nombreux habitants des provinces de l'Atlantique et du Québec. Il existe dans la région plusieurs entreprises commerciales qui récoltent des espèces pélagiques (colonne d'eau) et benthiques



(fond). Ces importantes ressources dépendent du phytoplancton et du zooplancton. La section qui suit donne un aperçu de la vie marine de la région. La plupart des données sont tirées directement du rapport scientifique du MPO (annexe C).

3.1.7.2 Plancton - De la mi-avril à la mi-juin, les phytoplanctons foisonnent dans les eaux de surface du Golfe, principalement celles qui proviennent des courants de Gaspé et de la partie nord de la Plate-forme des Îles-de-la-Madeleine. Diverses espèces s'y trouvent, et c'est pendant la période de la prolifération, soit en mai et en décembre, que les concentrations sont les plus élevées. La teneur en phytoplanctons peut être trois fois plus élevée sur la Plate-forme des Îles-de-la-Madeleine que dans les zones profondes.

3.1.7.3 Crustacés - Le Golfe abrite trois grandes espèces de crustacés la crevette nordique (*Pandalus borealis*), le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) et le homard d'Amérique (*Homarus americanus*). À l'âge adulte, ces espèces benthiques occupent des habitats distincts de l'écosystème du Golfe. La crevette nordique habite au large des côtes, à des profondeurs variant de 180 à 250 m. On la trouve principalement à quatre endroits : dans l'Estuaire, à l'ouest de l'île d'Anticosti, au nord de l'île d'Anticosti et dans le chenal Esquiman. Le crabe des neiges préfère les profondeurs moyennes (autour de 100 m) et les fonds relativement meubles du Golfe. Enfin, le homard d'Amérique vit sur une gamme de fonds marins, surtout dans les zones côtières rocheuses du sud du Golfe.

3.1.7.4 Mollusques - Dans le Golfe, la pêche aux mollusques est concentrée dans les baies et les estuaires protégés du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, de l'Île-du-Prince-Édouard et des Îles-de-la-Madeleine. Au nombre des espèces récoltées, citons la mye (*Mya arenaria*), la moule bleue (*Mytilus edulis*), l'huître américaine (*Crassostrea virginica*), la palourde américaine (*Mercenaria mercenaria*) et la mactre d'Amérique (*Spissula solidissima*). Les espèces des grandes profondeurs, telles que le pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*), le pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) et la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*), sont également récoltées dans les eaux libres, à des profondeurs de 10 à 25 m, près de la Baie des Chaleurs, du détroit de Northumberland, des basses des Îles-de-la-Madeleine et du détroit de Belle-Isle.

En outre, l'industrie de l'élevage des mollusques connaît depuis les années 80 un essor rapide dans les provinces de l'Atlantique. À l'heure actuelle, de nombreuses espèces sont cultivées à des fins commerciales ou en voie de l'être. L'Île-du-Prince-Édouard est en tête de liste avec la production commerciale de moules bleues. En 1987, sa production se chiffrait à environ 1 439 000 tonnes (évaluées à 2,4 millions de dollars). En 1994, elle a quadruplé ses débarquements, et sa production a atteint 5 950 000 tonnes, ce qui représente une valeur de 6,3 millions (T. Sephton, comm. pers.) L'huître américaine se classe au deuxième rang pour ce qui est des débarquements à l'Île-du-Prince-Édouard, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-



Écosse. La culture du pétoncle géant semble prometteuse à Terre-Neuve, au Nouveau-Brunswick, à l'Île-du-Prince-Édouard et aux Îles-de-la-Madeleine. Le tableau 4 qui suit présente un aperçu de la valeur attribuée à l'industrie de l'élevage des mollusques en 1993.

TABEAU 4

**Production aquicole commerciale estimée dans
les provinces de l'Atlantique en 1993**

PROVINCE	ESPECE	POIDS (T)	VALEUR (K\$)
Nouveau-Brunswick	Huître américaine	201,0	553
	Moule bleue	102,0	112
Nouvelle-Écosse	Huître américaine	49,5	132
	Moule bleue	292,0	303
	Autres mollusques	349,0	450
Île-du-Prince-Édouard	Moule bleue	4 540,0	4 994
	Huître américaine	1 078,0	1 973
	Pétoncle de baie	0,5	3
Terre-Neuve	Moule bleue	209,0	147
	Pétoncle géant	2,0	28
Québec	Moule bleue	34,0	75

On est en train d'envisager l'élevage d'autres espèces de mollusques, mais, jusqu'ici, la production demeure minime. C'est notamment le cas de l'huître belon (*Ostrea edulis*), du pétoncle de baie (*Argopecten irradians*), de la palourde américaine (*Mercenaria mercenaria*), de la mactre d'Amérique (*Spissula solidissima*) et de la mye (*Mya arenaria*).

3.1.7.5 Macrophytes - La mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) est la principale algue marine récoltée dans la région. Les plants sont particulièrement abondants juste sous la laisse de basse mer.

3.1.7.6 Poissons - Les habitats pélagiques et démersaux du Golfe sont fréquentés par plusieurs espèces de poisson commerciales. Les espèces pélagiques comprennent le hareng (*Clupea harengus*), le maquereau bleu (*Scomber scombrus*), le capelan (*Mallotus villosus*) et le thon rouge (*Thunnus thynnus*), le hareng et le maquereau étant les espèces prédominantes dans la plupart des secteurs côtiers du Golfe. Le capelan est encore peu pêché, et il n'existe qu'une seule exploitation commerciale pour cette espèce dans le nord-ouest du Golfe. Il s'agit

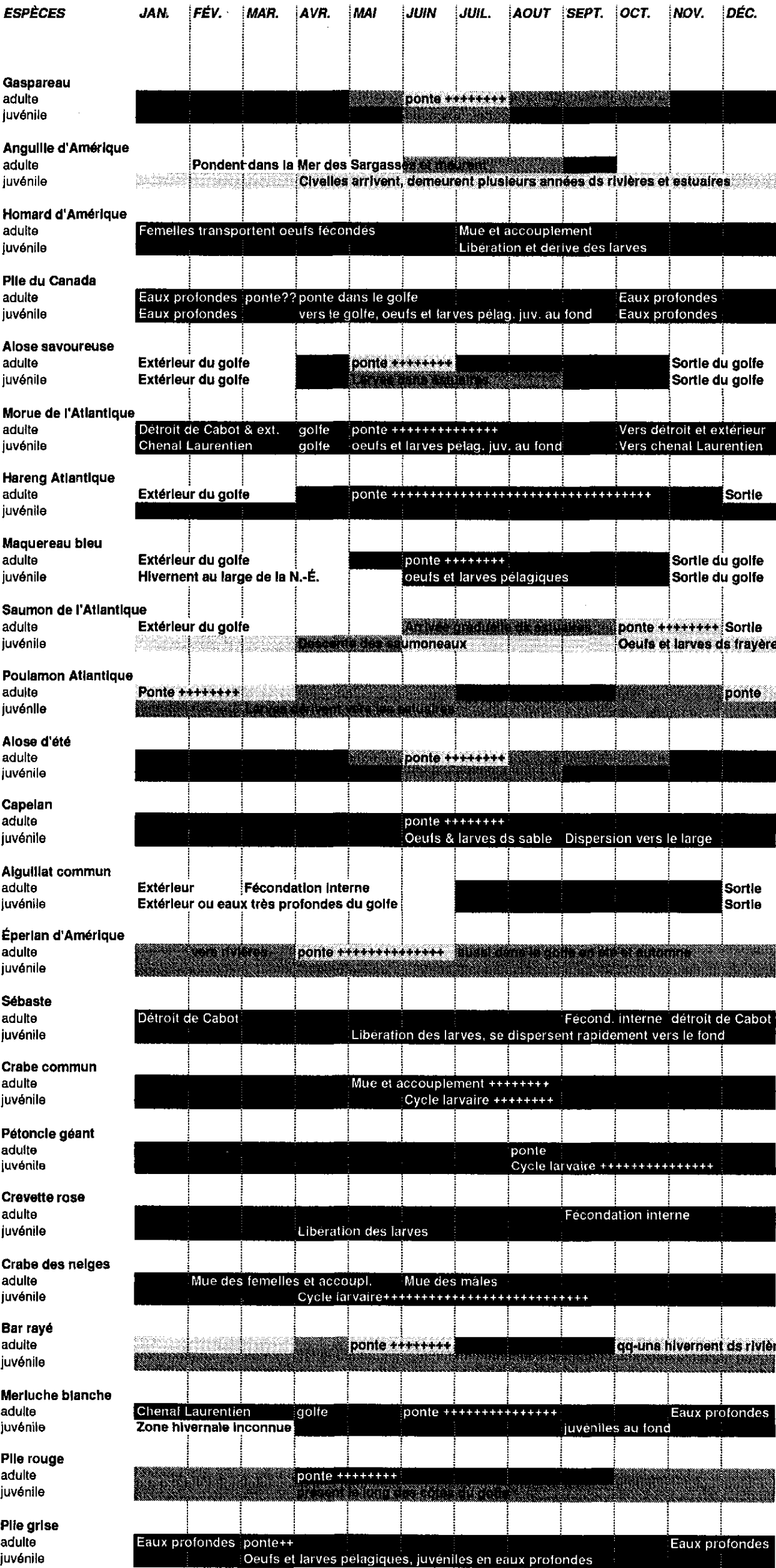


cependant d'une importante source de nourriture pour plusieurs poissons, oiseaux et mammifères marins. Le Golfe sert d'habitat à trois grands groupes d'espèces démersales les gades, les sébastes et les poissons plats. Le groupe des gades comprend la morue (*Gadus morhua*) et la merluche blanche (*Urophycis tenuis*), qui peuplent les couches démersales du Golfe. Le groupe des sébastes se compose de deux espèces distinctes, le sébaste acadien (*Sebastes fasciatus*) et le sébaste atlantique (*Sebastes mentella*), qui fréquentent les zones profondes du Golfe, notamment la dépression Laurentienne. Enfin, le groupe des poissons plats est constitué de plusieurs espèces, les plus importantes étant le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) du secteur ouest du Golfe et de l'Estuaire, la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) des basses des Îles-de-la-Madeleine, la plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) de la côte ouest de Terre-Neuve et du sud du Golfe, et la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) des zones côtières. Depuis peu, on assiste à la création d'une petite industrie de la pêche à l'aiguillat commun (*Squalus acanthias*) dans certaines régions du Golfe.

Pendant les premiers stades de leur développement, plusieurs de ces espèces sont associées à la communauté planctonique du sud du Golfe à diverses époques de l'année, les plus importantes étant les oeufs et les larves de maquereau bleu. L'*Irving Whale* a coulé dans la principale zone de reproduction du maquereau bleu dans le nord-ouest de l'Atlantique, et le frai a lieu en juin et en juillet, après quoi les adultes migrent vers les zones côtières pour se nourrir. Les oeufs et les larves du maquereau bleu se trouvent dans les couches supérieures de la colonne d'eau, et la zone située au-dessus de l'*Irving Whale* en abrite de grandes concentrations en été. Même s'il est possible de trouver des larves de morue à cet endroit pendant la saison estivale, celles-ci ne sont pas confinées au sud du Golfe, comme c'est le cas des larves de maquereau bleu. Pendant les premiers stades de leur développement, le homard d'Amérique, le hareng et le pétoncle sont concentrés dans les habitats pélagiques des zones côtières, alors que les larves de sébaste et de flétan du Groenland se trouvent principalement dans le chenal Laurentien. Le tableau 5 illustre le cycle biologique de ces espèces et dresse une liste de certaines populations de poissons migrateurs qui traversent la région.



Ponte et migration des principales espèces commerciales de poissons du golfe du Saint-Laurent



Commentaires

Se retrouve partout dans le golfe à des profondeurs variant entre 0 et 150 m.

On estime que la migration des adultes dans le golfe est de courte durée.

Espèce principalement côtière, les juvéniles se retrouvent dans les estuaires, cycle larvaire de deux ans.

Répandu, souvent associé avec la morue. Les juvéniles et les adultes sont souvent ensemble. Se regroupent dans les dépressions profondes, telles que le détroit de Cabot ou le chenal Laurentien. Se retrouve brièvement dans les estuaires. Les juvéniles migrent vers le golfe..

Aires de ponte répandues dans le golfe. Viviers dans la vallée de Shédiac et autour ls. Madeleine.

Juvéniles présent aussi dans les estuaires.

Pondent au nord et à l'ouest des ls. Madeleine. Retour des juvéniles vers le golfe à maturité seulement.

Traversent le golfe entre juin et novembre.

Espèce côtière, pond en eaux douces et en eaux saumâtres.

Se retrouve à des profondeurs variant entre 0 & 100 m.

Espèce nordique, pond sur les plages.

Espèce côtière, peuvent se retrouver dans les estuaires. Gestation larvaire dure entre 18 et 22 mois.

Espèce côtière, plusieurs meurent après la ponte. Larves descendent au fond durant le jour.

Se retrouve dans les eaux très profondes des chenaux Laurentien et Esquiman durant la période de croissance.

Espèce côtière, se retrouve à des profondeurs inférieures à 40 m. Les juvéniles muent en été et en automne.

Populations isolées. Dérive larvaire minimale.

Se retrouve dans les eaux profondes du nord du golfe. Peu de migration.

Cycle larvaire de deux ans

Migration le long des côtes, quelques-uns quittent le golfe. Larves se retrouvent à la ligne extrême des eaux de marée.

Dans les habitats marins et estuariens durant la saison de croissance.

Espèce côtière, se retrouve à des profondeurs de moins de 40 m., plusieurs stocks distincts et isolés.

Restreint aux eaux profondes. Dans les chenaux Laurentien et Esquiman durant la saison de croissance.

Collaborateurs: Sophie Bastien-Daigle, Ghislain Chouinard, Roland Cormier, Simon Courtenay, Leslie-Ann Davidson, Hélène Dupuis, François Grégoire, Denis Haché, Tom Hurlbut, Wade Landsburg, Roderick Morin, Mikio Moriyasu et Guy Robichaud.

Note: ce tableau simplifie considérablement l'information disponible au sujet du cycle de vie et de l'utilisation des habitats des espèces représentées. Il donne une image très générale et n'illustre aucunement les nombreuses variations naturelles présente dans chacune des populations.

3.1.7.7 Mammifères marins - L'Estuaire et le Golfe abritent quatre espèces de phoques et plusieurs espèces de baleines et de dauphins. Le phoque gris (*Halichoerus grypus*) et le phoque commun (*Phoca vitulina*) peuplent tous les secteurs du Golfe, tandis que le phoque du Groenland (*Phoca groenlandica*) et le phoque à crête (*Cystophora cristata*) migrent sur les glaces du Golfe au printemps pour la saison de la reproduction. Cependant, on a récemment observé des phoques du Groenland dans l'Estuaire en été. Au moins 12 espèces de baleines et de dauphins fréquentent l'Estuaire et le Golfe. Les plus communes sont le béluga (*Delphinapterus leucas*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), le rorqual commun (*B. physalus*), le rorqual bleu (*B. musculus*), le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le dauphin à flancs blancs (*Lagenorhynchus acutus*), le dauphin à nez blanc (*L. Albirostris*) et le marsouin commun (*Phocoena phocoena*). À l'exception du béluga, qui demeure dans ces eaux à longueur d'année; les espèces n'ont tendance à fréquenter la région qu'en été et en automne. À l'occasion, on peut également apercevoir des épaulards (*Orcinus orca*), des cachalots (*Physeter macrocephalus*), des baleines franches (*Euhalaena glacialis*) et des globicéphales noirs de l'Atlantique (*Globicephala melaena*) dans l'Estuaire et le Golfe pendant la saison estivale. Par le passé, les habitants de la région faisaient l'exploitation commerciale de certaines espèces de mammifères marins. De nos jours, seule la chasse au phoque est pratiquée à l'échelle régionale. Quant aux baleines, elles sont protégées et sont à la source d'une importante industrie touristique axée sur l'observation en mer.

3.1.7.8 Ressources halieutiques peuplant les environs de l'Irving Whale - À divers stades de leur cycle biologique, certaines des ressources décrites dans les paragraphes qui précèdent peuplent le secteur sud-ouest du Golfe, à l'endroit où l'*Irving Whale* a sombré (pour des renseignements sur les débarquements et la valeur financière, voir l'annexe 1 du rapport scientifique du MPO). Citons notamment le crabe des neiges, espèce qui revêt la plus grande importance sur le plan commercial. En 1994, on en a enregistré des débarquements de 24 600 tonnes provenant des zones semi-hauturières du sud du Golfe (zone de pêche 12). Aux environs immédiats de la barge, la biomasse commerciale du crabe des neiges est évaluée à quelque 59 000 tonnes. D'autres ressources habitent également les eaux environnantes, à savoir la morue, l'aiguillat commun, la plie canadienne et la merluche blanche. Le sébaste et le flétan du Groenland ne sont pas très abondants, ces espèces étant surtout concentrées dans la dépression Laurentienne. Quant au homard d'Amérique, au pétoncle, au capelan, au hareng et au maquereau bleu, ils se limitent essentiellement aux zones côtières du Québec, du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Cap-Breton et des Îles-de-la-Madeleine.

Le secteur sud du Golfe où se trouve la barge accueille également des mammifères marins à diverses époques de l'année. Le phoque du Groenland et le phoque à crête migrent sur les glaces de cette région au printemps, à la saison de la reproduction. Pour leur part, le phoque commun et le phoque gris y demeurent toute l'année, quoiqu'ils aient tendance à peupler les



zones côtières en été. On possède encore peu de données sur la distribution des cétacés dans le sud du Golfe. Si les bélugas se confinent surtout dans l'Estuaire pendant la saison chaude, certains individus s'aventurent occasionnellement dans le Golfe, parfois même au large du Cap-Breton (S. Gosselin, comm. pers.). On connaît encore moins bien la distribution des cétacés en hiver, mais on pense qu'il habitent les eaux libres de l'Estuaire et du Golfe. Le petit rorqual et le rorqual commun sont parfois aperçus autour de la Gaspésie en été, mais la plupart des individus élisent domicile dans l'Estuaire. Quant au rorqual bleu et au rorqual à bosse, ils sont concentrés principalement dans le secteur nord du Golfe. En fait, la plupart des cétacés migrent vers le Golfe en été pour s'alimenter et se rendent vers les zones côtières où la nourriture est plus abondante. Toutefois, il pourrait arriver que certaines espèces se trouvent aux environs de l'*Irving Whale* pendant cette période. En été, on peut observer des baleines et des dauphins se nourrissant d'espèces de poissons pélagiques non loin du Cap-Breton (R. Bailey, comm. pers.)

3.1.7.9 Oiseaux marins - Le vaste littoral et les abondantes ressources marines de la région font du Golfe un carrefour international pour les oiseaux marins. Deux types d'oiseaux marins fréquentent la région: les espèces généralistes et les espèces spécialistes. Les espèces généralistes sont opportunistes et facilement adaptables, et, contrairement aux espèces spécialistes, peuvent composer avec des changements à leur environnement. On assiste actuellement à une croissance des espèces généralistes, soit le fulmar boréal, la mouette tridactyle et le goéland, croissance qui correspond à un déclin des espèces spécialistes, dont le pétrel tempête, la sterne et le pingouin (Eaton et al., 1994). Bon nombre de ces espèces présentent une certaine variabilité saisonnière (figure 8).



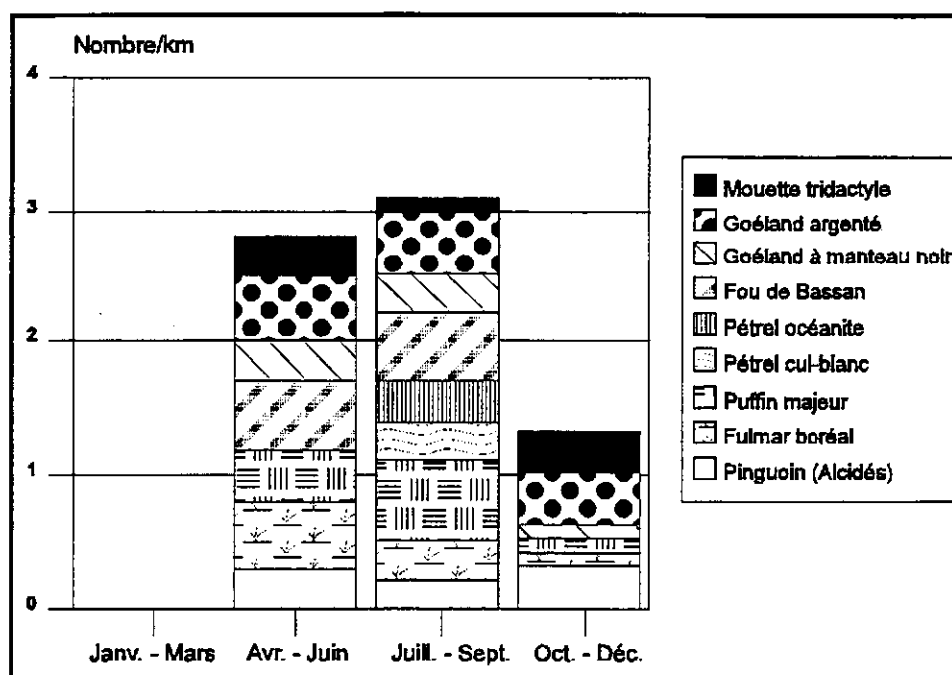


Figure 9 - Abondance saisonnière des oiseaux marins dans le centre-sud du Golfe

Le Golfe sert d'habitat à de nombreuses colonies nicheuses. Des six colonies de fous de Bassan d'Amérique du Nord, trois nichent dans le Golfe, ce qui représente un total de 31 770 couples reproducteurs ou 72 % de la population d'Amérique du Nord. C'est également à cet endroit que nichent 5 000 couples de petits pingouins et 15 000 couples de sternes communes. Les Îles-de-la-Madeleine comptent 7 650 couples de fous, 7 500 couples de mouettes, 1 700 couples de pingouins et 2 700 couples de cormorans, et la Gaspésie, 24 000 couples de fous de Bassan, 43 000 couples de mouettes, 32 000 couples de pingouins et 4 700 couples de cormorans.

Cette région tient lieu d'aire de reproduction pour certaines espèces menacées et en danger d'extinction (voir la section 3.1.3) : le canard arlequin, le pluvier siffleur et la sterne de Dougall. Plusieurs espèces de canards fréquentent le littoral, tout comme le huart, le grèbe, le pygargue à tête blanche, le balbuzard et le faucon pèlerin.



4. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

4.1 Introduction

L'objectif d'une évaluation environnementale est de cerner et d'évaluer les effets néfastes qu'un projet proposé peut avoir sur l'environnement. La présente évaluation diffère fondamentalement des nombreux autres types d'évaluation environnementale, le projet proposé étant une mesure d'atténuation en soi. Le projet proposé vise en effet à retirer un danger environnemental, c'est-à-dire *l'Irving Whale* et sa cargaison, du fond du Golfe. L'une des conséquences d'un projet réussi est d'améliorer considérablement la qualité de l'environnement.

Dans le cas de la récupération de *l'Irving whale*, nous devons examiner les «risques» sous trois perspectives :

- ▶ Les risques opérationnels du projet proposé (Opération proposée - OP) sur lesquels portera principalement notre évaluation.
- ▶ La probabilité que des incidents négatifs se produisent, les conséquences de ces incidents et les mesures d'atténuation proposées.
- ▶ Le scénario de la «pire éventualité», ses conséquences probables et la possibilité qu'un tel scénario se produise.

4.2 Définition des termes

Étant donné que les termes «effet» «minime» et «inconnu» sont utilisés dans le Décret sur les lignes directrices visant le Processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement, il serait important de préciser comment ces termes ont été utilisés dans le présent document. Un «effet» est un changement dont l'ampleur ou l'importance n'est pas évaluée. Ce changement peut constituer un phénomène unique ou découler des interactions multiples entre les composantes multiples de l'environnement. Quant aux incidences, elles peuvent être «importantes» ou «minimes»; même les incidences «minimes» doivent être prises en considération. Le degré d'importance des incidences se définit par conséquent au moyen d'un ensemble de critères qui sont clairement énoncés dans ce document. L'absence de connaissances complètes sur l'un ou l'autre des aspects d'un effet ne signifie pas que les incidences sont «inconnues». Dans la présente évaluation, une incidence sera définie comme étant «inconnue» s'il n'est pas possible, en se fondant sur l'opinion de professionnels, d'établir des limites scientifiquement défendables sur l'ampleur ou l'importance de cette incidence.



4.3 Méthodologie de l'évaluation générale

Il est peu réaliste, voire impossible, d'évaluer tous les effets néfastes qu'un projet peut avoir sur l'environnement. Dans un ouvrage de Beanlands and Duinker (1983), qui fait autorité au Canada en matière d'évaluation environnementale, les auteurs recommandent que les évaluations environnementales portent sur les **éléments importants d'écosystème (EIE)**, à savoir les éléments environnementaux qui sont importants pour la société. Dans la pratique, les EIE sont répartis en deux catégories les éléments biophysiques importants et les éléments socio-économiques importants. La sélection de ces éléments se fait par la consultation, par les réunions d'établissement de la portée des incidences, par la correspondance avec les organismes gouvernementaux, les groupes d'utilisateurs des ressources et le public et par une évaluation des résultats de la recherche sur le terrain et de la recherche d'archives. En dernier lieu, la liste des EIE est établie en se fondant sur les préoccupations du public et les opinions de professionnels (voir l'annexe G - Réunions d'établissement de la portée des incidences).

Dans la présente évaluation, l'évaluation de certains effets et de certaines incidences se fonde sur des méthodes de prévision économique et écologique, établies à partir de données empiriques et d'inférences logiques. Dans la mesure du possible, des techniques d'évaluation de risques pour les humains et l'environnement sont utilisées pour définir les effets (Santé Canada, 1994, 1990; Environnement Canada, 1994, 1992). L'opinion de professionnels peut aussi servir à définir les effets et l'importance des incidences.

4.4 EIE - Éléments importants d'écosystème

4.4.1 *Éléments biophysiques importants*

La présente section décrit les éléments importants d'écosystème sur lesquels portera l'évaluation biophysique. Les éléments ne sont pas présentés par ordre d'importance.

4.4.1.1 La communauté pélagique du Golfe

Maquereau bleu - Poisson dont la principale zone de reproduction se situe dans le secteur de l'*Irving Whale*.

Autres poissons pélagiques - On trouve d'autres poissons pélagiques dans le Golfe (p. ex. hareng, éperlan, gaspereau et autres poissons anadromes). Ces poissons représentent une part importante de la communauté pélagique.



Zooplankton - Le zooplankton, souvent mais pas toujours de taille petite ou microscopique, constitue une importante source d'alimentation pour les poissons pélagiques

Phytoplankton- Plantes microscopiques qui fixent le carbone dans la communauté pélagique et constituent une importante source d'alimentation pour le zooplankton et certains poissons.

Béluga - Mammifère marin que l'on trouve en abondance dans le golfe du Saint-Laurent. Le béluga est considéré comme étant l'une des espèces les plus sensibles aux agressions chimiques.

4.4.1.2 La communauté benthique du Golfe

Poissons benthiques - Espèces de poissons (p. ex. morue, sébaste et poissons plats) qui vivent sur le plancher océanique du Golfe ou à proximité de celui-ci.

Crabe des neiges - Invertébré benthique de grande valeur commerciale.

Homard - Invertébré benthique dont la pêche, comparativement aux autres espèces, est la plus lucrative dans le sud du Golfe.

Mollusques marins - Organismes marins qui vivent dans le benthos, principalement dans les baies et les estuaires, notamment les huîtres et les moules.

Autres invertébrés benthiques - Organismes vivant sur ou dans les sédiments et qui sont une source d'alimentation pour les poissons, le homard et le crabe des neiges.

Habitat benthique - Fond océanique dans le secteur de l'*Irving Whale*.

4.4.1.3 Ressources terrestres

Littoral - Le littoral, incluant les plages le long du Golfe, fournit un habitat aux poissons et à d'autres organismes.

Oiseaux marins - Plusieurs espèces d'oiseaux ont leur habitat dans l'eau ou le long du littoral du Golfe et se nourrissent des organismes du Golfe.



4.4.2 Les éléments socio-économiques importants

La présente section décrit les EIE sur lesquels portera l'évaluation socio-économique. Les éléments ne sont pas présentés par ordre d'importance.

4.4.2.1 Santé et sécurité des travailleurs - La protection de la santé et de la vie des travailleurs du projet.

4.4.2.2 Santé publique - La protection de la santé humaine pour les personnes qui utilisent les ressources du Golfe.

4.4.2.3 Activité économique - La capacité de soutenir l'activité économique dans les collectivités entourant le golfe du Saint-Laurent.

Poissons - La pêche des poissons pélagiques et démersaux est une activité importante dans le Golfe.

Homard - La récolte du homard est une activité importante dans le Golfe.

Crabe des neiges - La récolte du crabe des neiges est une activité importante dans le Golfe.

Mollusques - La récolte des mollusques est une activité importante dans le Golfe. Il est aussi prévu d'y développer une industrie aquicole.

Activités récréatives - La pêche, la baignade et les plages offrent des activités récréatives à la population des collectivités entourant le golfe du Saint-Laurent. C'est un aspect important de la qualité de vie des gens de cette région. La beauté et la qualité de l'environnement sont des aspects importants de cet élément socio-économique.

Tourisme - Le Golfe est une attraction touristique et offre des possibilités récréatives aux visiteurs. Le tourisme est une importante source d'emplois pour la collectivité locale.

Plages - Les plages le long du Golfe sont appréciées pour leurs activités récréatives.

4.4.2.4 Transport - Le Golfe est fréquemment utilisé comme corridor pour le transport des matières premières et des produits manufacturés. Il est à la jonction des grandes routes maritimes reliant l'océan atlantique aux Grands Lacs.



4.4.3 Évaluation biophysique

La présente section décrit les critères adoptés par le MPO et EC pour déterminer l'importance des incidences sur les éléments biophysiques importants de ce projet (les EIE sont imprimés en caractères gras). Les éléments ne sont pas présentés par ordre d'importance.

4.4.3.1 Communauté pélagique du Golfe - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit des changements mesurables, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de mammifères marins ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons ou les mammifères marins.

4.4.3.2 Maquereau bleu - Les incidences sur le maquereau seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.3 Autres poissons pélagiques - Les incidences sur le poisson seront considérées importantes Si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.4 Zooplancton - Les incidences sur le zooplancton seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du zooplancton.

4.4.3.5 Phytoplancton - Les incidences sur le phytoplancton seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du phytoplancton.

4.4.3.6 Bélugas - Les incidences sur les bélugas sont considérées importantes si l'on prévoit un effet mesurable sur les conditions physiologiques de ces baleines.

4.4.3.7 Communauté benthique du Golfe - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit des changements mesurables, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de macro-invertébrés (p. ex. homard, crabe des neiges, mollusques), ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons et les macro-invertébrés.



4.4.3.8 Poissons benthiques - Les incidences sur le poisson seront considérées importantes Si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.9 Crabe des neiges - Les incidences sur le crabe des neiges seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.10 Homard - Les incidences sur le homard seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.11 Mollusques marins - Les incidences sur les mollusques marins seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

4.4.3.12 Autres invertébrés benthiques - Les incidences sur les invertébrés benthiques seront considérées importantes si l'on prévoit des changements mesurables, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans la productivité de ces espèces.

4.4.3.13 Ressources terrestres - Les incidences sur le littoral seront considérées importantes si l'on prévoit une diminution mesurable de la qualité de l'habitat des oiseaux et des organismes aquatiques.

4.4.3.14 Oiseaux marins - Les incidences sur les oiseaux marins seront considérées importantes si l'on prévoit une réduction mesurable, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, du taux de reproduction de ces oiseaux.

4.4.4 Évaluation socio-économique

La présente section décrit les critères adoptés pour déterminer l'importance des incidences sur les éléments socio-économiques importants. Les éléments ne sont pas présentés par ordre d'importance



4.4.4.1 Santé et sécurité des travailleurs - Les incidences des effets néfastes sur la santé et la sécurité des travailleurs seront considérées importantes si le risque d'hospitalisation, d'accident ou de mort des travailleurs excède les normes dans l'industrie pour le genre de travail effectué.

4.4.4.2 Santé publique - Les incidences des effets néfastes sur la santé humaine seront considérées importantes si l'on prévoit que les limites acceptables, définies à partir des lignes directrices sur la santé du Canada ou des ouvrages de toxicologie, seront dépassées.

4.4.4.3 Activité économique - Les incidences seront considérées importantes si les pertes éventuelles d'emplois et de revenus sont d'une durée et d'une ampleur supérieures à celles qui pourraient résulter des fluctuations à court terme dans un secteur économique donné.

4.4.4.4 Pêche - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit la fermeture de la pêche, selon les critères du gouvernement du Canada.

4.4.4.5 Récolte du homard - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit la fermeture de la pêche, selon les critères du gouvernement du Canada.

4.4.4.6 Récolte du crabe des neiges - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit la fermeture de la pêche, selon les critères du gouvernement du Canada.

4.4.4.7 Récolte des mollusques marins - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit la fermeture de la pêche, selon les critères du gouvernement du Canada.

4.4.4.8 Activités récréatives - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit des restrictions d'utilisation, conformément aux lignes directrices fédérales ou provinciales sur l'utilisation sécuritaire des ressources pour les activités récréatives.

4.4.4.9 Activités touristiques - Les incidences sur le tourisme seront importantes si la réduction du nombre de touristes et des revenus générés par le tourisme est plus importante que celle qui pourrait résulter des fluctuations à court terme dans le secteur touristique.

4.4.4.10 Plages - Les incidences seront importantes si l'on prévoit des restrictions ou des changements esthétiques susceptibles de restreindre l'utilisation des plages.



4.4.4.11 Transport - Les incidences seront considérées importantes si l'on prévoit que des obstacles ou des dangers nuiront à la circulation des navires sur les principales routes maritimes.

4.4.5 Interactions possibles

L'évaluation des effets biophysiques et socio-économiques s'est faite conjointement avec l'évaluation des risques, en fonction des facteurs d'ingénierie prévus dans le cadre des options liées à la conception et aux opérations du projet. Un barème d'évaluation a été mis au point, lequel tient compte des opinions sur les risques relatifs des diverses options de mise en oeuvre du projet. Le barème, en question combine les opinions sur les difficultés opérationnelles possibles, qui pourraient avoir un effet sur l'un des EIE ou plus, ainsi que les opinions sur la sévérité et la durée de cet effet pour les EIE en cause. (Voir le point 2.5 pour des explications plus détaillées).

4.5 Mesures d'atténuation des incidences prévues

Les mesures d'atténuation ont été un élément clé de la conception du projet. Elles comprenaient l'évaluation des options proposées pour minimiser le déversement de BPC dans le Golfe depuis *l'Irving Whale* et la conception de mécanismes techniques et de stratégies d'ingénierie visant à minimiser toute incidence importante prévisible. Cependant, aucune des méthodes ou des stratégies d'atténuation proposées par les ingénieurs professionnels ou par la collectivité via les commentaires du public ne sont exemptes de risques. Par conséquent, le processus visant à concevoir et à choisir des mesures d'atténuation doit prendre en considération les *risques relatifs*. Les principes ci-après ont été respectés à l'étape de la conception du projet et le seront également à l'étape de la mise en oeuvre.

- La minimisation des risques pour la sécurité des travailleurs s'est vu accorder la plus grande priorité.
- La planification et la mise en oeuvre de mesures visant à éviter ou à minimiser tout effet environnemental néfaste (p. ex. le recours à des plans d'urgence et la compensation de pertes économiques).
- La planification et la mise en oeuvre de mesures visant à empêcher que toute incidence importante prévisible ne se produise grâce à l'application de mécanismes et de procédures techniques (p. ex. des méthodes d'ingénierie et de récupération).



Évaluation approfondie du projet de récupération de *l'Irving Whale*, tenant compte de la présence du BPC

- Le recours à des méthodes conceptuelles et à des procédures opérationnelles qui présentent le moins de risques pour les EIE en cause dans le cadre des options offertes.

5.0 ÉVALUATION BIOPHYSIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE

5.1 Introduction

Le projet à l'étude vise à renflouer la barge naufragée *Irving Whale*, dont le système de chauffage pourrait contenir jusqu'à 9 tonnes d'un fluide appelé «Therminol FR-1». Cette substance est un mélange complexe qui serait composé à 80 % de BPC (Aroclor 1242) et à 20 % de chlorobenzènes et d'autres contaminants, tels que des dioxines et des furannes. Si le Therminol FR-1 est déversé dans l'environnement, il risque de se fractionner partiellement, car les chlorobenzènes sont plus solubles dans l'eau que les BPC et leurs contaminants. Même s'il est possible que le Therminol FR-1 reste intact pendant le renflouage, on a émis l'hypothèse, pour les besoins de la cause, que les chlorobenzènes pourraient se dissocier du mélange et constituer un danger. L'Aroclor 1242 est composé de divers isomères des BPC et de leurs contaminants, des dioxines et des furannes. Comme les contaminants des BPC sont également des composés chlorés possédant des propriétés chimiques semblables, on a présumé que leurs effets seraient prévisibles, en se fondant sur le comportement normal des BPC et leurs effets sur l'environnement. Il n'existe aucune donnée qui décrive précisément le degré de toxicité de ce mélange tel qu'il se présente dans *l'Irving Whale* à l'heure actuelle. Cependant, sur le plan des incidences environnementales, le MPO et EC le traitent comme s'il s'agissait uniquement de BPC, qui représentent les composés les plus persistants.

5.1.1 Dangers que présentent les BPC et leurs dérivés

Des études menées sur des êtres humains révèlent que les travailleurs exposés à des concentrations élevées de BPC peuvent souffrir d'irritations, telles que des éruptions cutanées et des lésions ressemblant à des boutons d'acné. Des scientifiques ayant mené des études comparatives sur des groupes d'ouvriers et le grand public concèdent que, s'ils semblent indiquer que les BPC causent le cancer ou altèrent la fonction reproductrice, les résultats obtenus sont insuffisants pour permettre des conclusions certaines.

En laboratoire, on a effectué une série d'épreuves sur des rats, des souris et des singes qui



avaient reçu régulièrement des doses relativement élevées de BPC sur des laps de temps varies. Dans nombre de ces études, les chercheurs ont pu observer certaines répercussions, notamment des dommages au foie, des irritations cutanées, des effets sur la fonction reproductrice et le développement et du cancer (ATSDR, 1989).

Les BPC sont également attirés par les matières grasses et les huiles animales. Presque tous les êtres humains ont des BPC dans leurs tissus. Cependant, on s'est rendu compte que la teneur en BPC chez les populations autochtones du Cercle polaire est l'une des plus élevées au monde. Ce phénomène est attribuable au fait que les BPC du monde entier ont tendance à s'accumuler à cet endroit et que les Autochtones se nourrissent d'animaux qui se trouvent au sommet de la chaîne alimentaire, comme les mammifères marins. Ces animaux ont un taux d'adiposité corporelle élevé, et leurs tissus présentent une forte teneur en BPC (Dewailly et al., 1989).

Les agents de réglementation qui s'occupent de la santé humaine dans les pays occidentaux sont confrontés à un dilemme depuis bien des années. D'un côté, il n'existe aucune preuve claire qui vienne confirmer que les BPC ont de graves répercussions sur les humains (p ex. dysfonction reproductrice, cancer). D'un autre côté, les études sur des animaux de laboratoire produisent des résultats très probants. De plus, les BPC tendent à s'accumuler dans les tissus humains et, dans des pays comme le Canada, les populations autochtones y sont plus exposées que les autres groupes. À la lumière de ces faits, la plupart des pays de l'Occident ont opté pour la prudence. Autrement dit, au risque de paraître alarmistes, ils ont choisi de réglementer les BPC comme s'ils pouvaient avoir des effets néfastes graves sur la santé et en ont interdit la vente. Le Canada a d'ailleurs créé un programme destiné à détruire les BPC, dans le but de réduire le plus possible les risques d'exposition pour les générations à venir.

Dans un environnement comme celui des Grands Lacs, où la contamination par les BPC est massive, on craint que ces substances soient la cause d'un déclin des populations d'oiseaux et de mammifères, bien que cette affirmation soit contestée par certains chercheurs (CanTox, 1994). Des expériences en laboratoire révèlent que les BPC peuvent avoir des effets néfastes sur la fonction reproductrice des poissons, des oiseaux et des mammifères (Giesey et al., 1994). À l'issue de recherches sur le terrain, cependant, on a découvert chez la plupart des espèces un certain nombre de produits chimiques (Mirex, dioxines, furannes, DDT) qui ont les mêmes types d'effets sur les animaux de laboratoire (CanTox, 1994). Des recherches poussées, qui ont été effectuées simultanément en laboratoire et sur le terrain, permettent de conclure ce qui suit :



- Certaines formes (isomères) de BPC peuvent être très toxiques pour la faune.
- Certaines formes de BPC peuvent présenter de plus grands risques que d'autres, en raison de leurs caractéristiques chimiques particulières, qui les rendent plus accessibles aux organismes.
- En se fondant uniquement sur des expériences en laboratoire effectuées avec des composés purs, il est difficile de prédire la gravité des effets que peuvent avoir les BPC (Giesey et al., 1994; CanTox, 1994).

5.1.2 Dangers que présentent les chlorobenzènes

Les maux de tête, l'irritation des voies respiratoires supérieures et l'irritation des yeux sont autant de malaises qui ont été observés chez les travailleurs exposés à des quantités excessives de chlorobenzènes, depuis les monochlorobenzènes jusqu'aux tétrachlorobenzènes (ACGIH, 1991). C'est à la suite d'études sur des animaux en laboratoire que se sont répandues les craintes entourant l'exposition à long terme à ces substances. En général, les chlorobenzènes très concentrés s'attaquent surtout au foie et aux reins. Chez les rats, on n'a observé aucun effet néfaste sur la fonction reproductrice ou sur le développement du fœtus (CanTox, 1994).

Lorsqu'ils sont libérés dans l'atmosphère, les chlorobenzènes contenant de grandes quantités de chlore ont tendance à s'intégrer à la chaîne alimentaire. Des études sur la mortalité des algues, des invertébrés et des poissons ont permis de constater qu'un accroissement de la teneur en chlore correspondait à un accroissement de la toxicité. Les toxicologues du milieu aquatique classent les chlorobenzènes parmi les composés qui provoquent la narcose. Ces composés conservent toute leur puissance une fois qu'ils pénètrent les tissus. Par conséquent, pour déterminer le degré de toxicité d'un composé de chlorobenzène, il faut tenir compte de sa capacité de pénétrer dans les tissus d'un organisme (CanTox, 1994).

5.2 Évaluation du degré d'exposition

5.2.1 Introduction

La présente section décrit le comportement des BPC et, dans la mesure du possible, les quantités qui atteindraient chaque élément important de l'écosystème (EIE), de façon à pouvoir en prédire les effets néfastes. Dans le cas du projet de renflouage, on pourrait envisager plusieurs types de déversements. Il est garanti que, dans l'hypothèse d'un bris de la



coque ou des conduites de la barge, la totalité des BPC qui se trouvent à bord de *l'Irving Whale* finirait par se répandre dans l'environnement marin si aucune mesure n'est prise. Selon toute vraisemblance, la fuite serait graduelle, mais il est également possible qu'elle survienne dans un délai relativement court. Les effets certains et éventuels sont jugés inacceptables dans les deux cas. Il a donc été décidé que *l'Irving Whale* serait retiré de l'eau, et c'est pour cette raison que le projet est à l'étude.

Pour évaluer le degré d'exposition aux BPC, on a évalué trois scénarios. Dans le premier de ces scénarios, appelé *Opération proposée*, on suppose que la barge laissera fuir une certaine quantité de BPC pendant la récupération. Lorsque *l'Irving whale* a coulé en 1970, il est probable qu'un certain volume de BPC ait été déversé dans l'océan lors du naufrage et du choc de la coque avec le fond marin. Il semble aussi que, dans les 25 ans qui ont suivi, il se soit créé une ou plusieurs autres fuites. On estime donc à quelque 90 kg la quantité totale de BPC qui se trouvent aux environs immédiats de la barge (MPO, 1996). Pour faire une estimation prudente, on suppose que la récupération contrôlée de la barge entraînerait la fuite d'une quantité de BPC semblable à celle qui a été déversée lors du naufrage et au cours des 25 années suivantes, période pendant laquelle les fuites n'ont jamais été contrôlées.

Les deux autres scénarios sont fondées sur les pires des éventualités. Ils sont considérés comme très improbables.

- ▶ Le premier de ces scénarios, appelé **Scénario de la pire éventualité : Déversement à la surface**, correspond au déversement improbable d'une grande quantité de fluide de chauffage à la surface, au moment où *l'Irving Whale* sera placé sur la barge de récupération afin d'être transporté vers un port pour être décontaminé.
- ▶ Le deuxième scénario, appelé **Scénario de la pire éventualité : Déversement à 67 mètres**, correspond au déversement improbable d'une grande quantité de fluide de chauffage pendant la remontée de *l'Irving Whale* vers la surface.

Pour évaluer ces deux scénarios de déversement majeur, le MPO (1996) a établi à 1 200 kg et, au pire, à 7 250 kg les quantités de BPC qui seraient libérées dans l'environnement. Ces chiffres correspondent aux quantités de BPC qui, estime-t-on, subsistent respectivement dans la canalisation bouclée et dans toute la barge. Il sera d'abord question des deux scénarios prévoyant la pire éventualité.



5.2.2 Scénario de la pire éventualité : Déversement à la surface

Dans l'hypothèse improbable où la coque se briserait une fois la barge parvenue à la surface, on pourrait s'attendre au déversement de 1 250 à 7 250 kg de BPC. Selon le rapport scientifique du MPO (annexe C), un tel déversement se traduirait par la libération de gouttelettes de BPC de tailles diverses dans la colonne d'eau. Une fraction infime se dissoudrait, et les gouttelettes restantes mettraient entre 5 minutes et 2 heures à couler au fond. On prévoit que les BPC se disperseraient en direction sud-est pendant leur chute et qu'ils finiraient par couvrir une superficie d'environ 0,5 km². À l'intérieur de ce périmètre, les concentrations initiales de BPC dans les sédiments pourraient varier de 1 à 20 000 mg/kg. En l'absence de mesures d'atténuation, il se pourrait que la superficie fortement contaminée s'étende progressivement sur un maximum de 10 km au sud-est de l'aire de contamination initiale. Il est probable qu'une petite quantité de BPC se volatiliserait dans l'atmosphère et que les courants d'air du monde la transporteraient vers d'autres endroits (MPO, 1996).

Les sections qui suivent portent sur le degré d'exposition aux BPC de chaque élément important d'écosystème (EIE). En ce qui a trait à la **communauté pélagique du Golfe**, on prévoit, dans l'hypothèse d'un déversement à la surface, que certaines espèces pélagiques seraient exposées aux BPC. Citons notamment le **maquereau bleu** (oeufs et larves compris), qui pourrait absorber une dose de BPC dans ses tissus. Plus les BPC seront près du fond marin, moins les quantités pouvant être absorbées seront grandes. À long terme, les espèces de poissons pélagiques ne devraient pas être exposées à des doses continues et mesurables de BPC. Il en va de même pour le **zooplancton** et le **phytoplancton** de la zone pélagique du Golfe. Il est peu probable que les **bélugas** courent des risques, parce qu'ils fréquentent la côte nord du Québec et l'Estuaire et circulent rarement aux environs de l'*Irving Whale*. Cependant, il se peut que les bélugas absorbent indirectement une certaine dose de BPC par la chaîne alimentaire.

Il est prévu que les BPC se présenteront sous forme de gouttelettes et qu'ils seront absorbés par les sédiments du fond marin, habitat de la **communauté benthique du Golfe**. À court terme, la zone touchée devrait s'étendre sur 0,5 km². À long terme, on prévoit que les sédiments migreront vers la dépression Laurentienne sous l'impulsion des courants du fond et qu'ils se répandront graduellement sur la totalité du Golfe en des quantités infimes. Il sera difficile de mesurer la présence des BPC dans les sédiments. De façon globale, la quantité totale de BPC dans le Golfe pourrait s'accroître de 8 à 10 % par rapport aux niveaux estimatifs actuels (MPO, 1996). Les **poissons démersaux**, qui vivent sur les sédiments du fond marin, risquent d'absorber une dose de BPC s'ils se trouvent dans la zone contaminée. Le **crabe des neiges** qui habite aux environs de la barge pourrait absorber une dose supérieure à 2 mg/kg



(MPO, 1996), tout comme les autres invertébrés benthiques (MPO, 1996).

On s'attend à ce que les concentrations de BPC soient négligeables sur la côte et dans les estuaires (MPO, 1996). Le **homard** habite principalement les fonds rocheux des zones côtières du Golfe. En raison des courants dominants qui transportent les sédiments vers la dépression Laurentienne, il ne sera vraisemblablement exposé aux BPC que si ceux-ci sont mélangés à du mazout. Les **mollusques marins** peuplent la totalité du Golfe, mais sont concentrés surtout dans les baies et les estuaires protégés. On ne prévoit pas que le **littoral** du Golfe sera contaminé, si ce n'est que par d'infimes quantités de BPC qui pourraient être mélangées à du mazout. Cependant, à long terme, un déversement majeur de BPC dans le Golfe contribuerait à accroître la quantité de BPC dans l'**environnement terrestre** éloigné, mais cet accroissement ne serait pas mesurable. Les **oiseaux marins** qui s'alimentent dans la zone de l'éventuel déversement pourraient absorber des BPC en ingérant leur nourriture. De plus, on peut s'attendre à ce que d'infimes quantités de BPC s'accumulent progressivement dans la chaîne alimentaire, ce qui exposerait les espèces d'oiseaux et de mammifères terrestres à de légères doses de contaminants.

Ce sont les plongeurs qui courent le plus grand risque au chapitre de la **santé** et de la **sécurité des travailleurs**. Heureusement, les BPC seront peu solubles en raison de leur basse température. Il subsiste cependant une possibilité que les plongeurs soient exposés à des concentrations de chlorobenzènes et de BPC. Vu la plus grande solubilité des chlorobenzènes et les caractéristiques chimiques de ces substances, il se peut que les vêtements de protection des travailleurs soient endommagés. Une fois dans l'eau, les plongeurs risquent d'entrer en contact avec des BPC; le cas échéant, leur peau nue pourrait être exposée aux chlorobenzènes. Quant aux travailleurs à la surface, ils pourraient être exposés aux vapeurs de chlorobenzène et de BPC par inhalation ou par contact avec la peau ou les yeux, s'ils ne sont pas adéquatement protégés. Pour les travailleurs, les risques d'exposition à des produits chimiques ne représentent que l'un des dangers associés au bris de la coque à la surface ou dans l'eau. Surtout à la surface, la rupture de la coque pourrait occasionner d'importants traumatismes physiques à un travailleur.

Le déversement pourrait entraîner des risques pour la **santé publique** si le poisson, les mollusques ou les crustacés contaminés étaient consommés par des résidents des environs ou vendus sur les marchés commerciaux. Les **espèces de poissons commerciales** pourraient être exposées à des concentrations élevées de BPC dans un rayon de 0,5 km². On s'attend à ce que le **homard** n'absorbe que des quantités infimes de contaminants. En revanche, le **crabe des neiges** risque d'absorber des concentrations élevées de BPC, et ses tissus pourraient avoir une teneur en contaminants qui soit supérieure à 2 mg/kg. Les zones récréatives ne devraient pas



être touchées, puisque les BPC couleront vraisemblablement au fond avant de pouvoir atteindre le littoral. On peut s'attendre à ce qu'un déversement majeur suscite beaucoup de publicité, facteur qui touche l'industrie du tourisme. Si l'on s'en tient aux concentrations de BPC prévues, les plages du Golfe devraient n'être exposées qu'à des quantités infimes de BPC qui se seraient mélangées à du mazout. Il n'y a pas de voie commerciale de transport aux environs de l'*Irving Whale*, de sorte que l'industrie du transport ne risque pas d'être touchée par un éventuel déversement.

En résumé, dans ce scénario, le déversement de BPC serait le plus étendu et, à court terme, un certain nombre d'espèces pélagiques des environs immédiats pourraient être exposées aux BPC. À plus long terme, l'exposition serait comparable à celle d'un déversement majeur au fond (voir la partie 5.2.3.), avec le risque d'une exposition importante des éléments importants de l'environnement (voir la partie 5.4, tableau 6).

5.2.3 Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres

D'après le rapport scientifique du MPO (annexe C), suivant ce scénario, les BPC (entre 1 250 et 7 500 kg) devraient tous couler au fond de l'eau en moins de 5 minutes et se répandre initialement sur une superficie d'environ 0,0026 km². Par suite de cette propagation initiale, il est prévu que les sédiments auront une teneur en BPC pouvant varier de 40 à 550 000 mg/kg. En 63 jours, on estime qu'une superficie supérieure à 0,023 km² renfermera des concentrations de BPC équivalant à environ 10 000 mg/kg. Les gouttelettes, qui sont plus lourdes que l'eau, couleront au fond du Golfe et se mélangeront aux sédiments. Les concentrations devraient demeurer élevées dans un rayon de 10 km de la zone du déversement et suivre une direction sud-est.

S'il y a fuite de BPC au fond, la communauté pélagique ne devrait pas être exposée, puisque la plupart des BPC seront absorbés par les sédiments. Par contre, à court terme, la communauté benthique du Golfe est exposée à de plus grands risques dans ce scénario que dans le précédent. Les poissons démersaux, qui vivent sur les sédiments du fond, absorberont vraisemblablement des BPC s'ils se trouvent dans la zone touchée. Le crabe des neiges qui vit dans la zone contaminée aura dans ses tissus des concentrations de BPC supérieures à 2 mg/kg. Ce sera également le cas des autres invertébrés benthiques qui peuplent la zone contaminée.



Tout comme dans le pire scénario de la fuite à la surface, on prévoit que les zones côtières seront à peine touchées par un éventuel déversement. Le **homard** fréquente habituellement les fonds rocheux des zones côtières du Golfe. Cette espèce ne sera donc exposée aux BPC que si ceux-ci se mélangent à du mazout. Les concentrations devraient être encore inférieures à celles qu'entraînerait un déversement à la surface. Les **mollusques marins** se trouvent dans toutes les zones du Golfe, mais sont concentrés principalement dans les baies et les estuaires protégés.

Si, comme prévu, les BPC sont réduits à des concentrations non mesurables dans un périmètre de 10 km de la barge, le **littoral** du Golfe ne devrait être exposé qu'à des quantités infimes de BPC mélangées à du mazout. À long terme, un déversement majeur de BPC dans le Golfe contribuerait à accroître la quantité de BPC dans l'**environnement terrestre** éloigné, mais cet accroissement ne serait pas mesurable. Il est peu probable que les **bélugas** courent des risques, parce qu'ils fréquentent la côte nord du Québec et l'Estuaire et circulent rarement aux environs de *l'Irving Whale*. Cependant, il se peut que les bélugas absorbent indirectement une certaine dose de BPC par la chaîne alimentaire. Les **oiseaux marins** qui s'alimentent dans la zone de l'éventuel déversement pourraient absorber une dose de BPC en ingérant leur nourriture. De plus, on peut s'attendre à ce que d'infimes quantités de BPC s'accumulent progressivement dans la chaîne alimentaire, ce qui exposerait les espèces d'oiseaux et de mammifères terrestres à de légères doses de contaminants.

Les **travailleurs** (plongeurs) pourraient être exposés aux BPC et aux chlorobenzènes dissous, mais il est peu probable que cette situation se produise, puisque les plongeurs seront hors de l'eau pendant le renflouage et jusqu'à ce que la barge atteigne la surface.

Le déversement pourrait entraîner des risques pour la **santé publique** si le poisson, les mollusques ou les crustacés contaminés étaient consommés par des résidents des environs ou vendus sur les marchés commerciaux. Les **espèces de poissons commerciales** pourraient être exposées à des concentrations élevées de BPC dans un rayon de 10 km de la barge. On s'attend à ce que le **homard** n'absorbe que des quantités infimes de contaminants. En revanche, le **crabe des neiges** qui vit dans le rayon de 10 km risque d'absorber des concentrations supérieures à 2 mg/kg. Les **zones récréatives** ne devraient pas être touchées. On peut s'attendre à ce qu'un déversement majeur suscite beaucoup de publicité, facteur qui touche l'industrie du **tourisme**. Si l'on s'en tient aux concentrations de BPC prévues, les **plages** du Golfe devraient n'être exposées qu'à des quantités infimes de BPC mélangées à du mazout. Il n'y a pas de voie commerciale de transport aux environs de *l'Irving Whale*, de sorte que l'industrie du **transport** ne risque pas d'être touchée par un éventuel déversement.



En résumé, les EIE risquent d' être exposés à des quantités minimales de BPC, à l'exception des espèces qui habitent la zone benthique environnante. On prévoit que les plages et les zones intertidales demeureront à peu près intactes, Si ce n'est une exposition minimale à des BPC mélangés à du mazout. Les concentrations seraient minimales, et moins élevées que dans le cas d'un déversement de mazout à la surface, comme le décrit le scénario de la fuite à la surface.

5.2.4 Opération proposée (OP)

Comme il a déjà été mentionné à la section 5.2.1, il est possible qu'une certaine quantité de BPC soit libérée dans l'environnement pendant l'opération proposée. Si la barge laissait fuir 90 kg de BPC une fois parvenue à la surface, la substance se disperserait de la façon décrite dans le scénario de fuite à la surface. Au départ, il se peut que certains amas sporadiques de sédiments soient contaminés sur une superficie de 0,5 km², et que les concentrations varient entre 0,07 et 20 mg/kg. Progressivement, cette contamination serait réduite à des niveaux naturels dans un rayon maximal de 10 km au sud-est de la zone contaminée, à mesure que les courants du fond marin disperseraient les sédiments contaminés.

On peut prévoir les résultats d'un déversement en examinant la distribution actuelle des BPC par les courants aux abords de l'*Irving Whale*. Les concentrations actuelles devraient atteindre des niveaux naturels à 11 km au sud-est de la barge et à 4 km dans toutes les autres directions. À l'heure actuelle, les sédiments situés aux environs immédiats de la barge ont une teneur en BPC évaluée à 890 mg/kg. Cette concentration diminue rapidement au seuil de détection des méthodes d'analyse chimique ordinaires (0,001 mg/kg) à 2 km de l'épave. Si la barge laissait fuir la même quantité de BPC que celle qui a été libérée dans l'environnement au cours des dernières années, ce qui correspond à une estimation prudente, cette concentration pourrait s'accroître localement et agrandir le rayon de la contamination mesurable à 4 ou 5 km.

Il y aurait peu de risques pour les poissons de la communauté pélagique du Golfe, notamment le maquereau, oeufs et larves compris. À long terme, on ne s'attend pas à ce que les poissons pélagiques absorbent une dose mesurable de BPC. Il en va de même pour le zooplancton et le phytoplancton de la zone pélagique du Golfe.

Dans l'hypothèse où la fuite surviendrait à la surface, il est prévu que les BPC prendront la forme de gouttelettes qui se déposeront au fond et qui seront absorbées par les sédiments, habitat de la communauté benthique du Golfe. À court terme, la zone touchée serait de 0,5 km². À long terme, on prévoit que les sédiments seront transportés par les courants du



fond, vers la dépression Laurentienne, et qu'ils se répandront en d'infimes quantités dans le Golfe tout entier. Il sera difficile de mesurer la présence des BPC dans les sédiments. Si la fuite a lieu sous la surface, le fond aura une teneur élevée en BPC par endroits, sur un rayon de 4 km. Dans les deux cas, il est possible que certains **poissons démersaux**, qui vivent sur les sédiments du fond, absorbent une dose de BPC s'ils pénètrent dans la zone touchée. Le **crabe des neiges** qui vit dans la zone contaminée aura dans ses tissus des concentrations de BPC qui sont supérieures à 2 mg/kg. Ce sera également le cas des **autres invertébrés benthiques** qui peuplent la zone contaminée (MPO, 1996). Il est impossible de mesurer les effets d'un éventuel déversement sur les **bélugas**, parce que leurs sources de nourriture ne contiendraient que des quantités infimes de BPC. Les **oiseaux marins** qui s'alimentent dans la zone de l'éventuel déversement pourraient absorber une petite dose de BPC en ingérant leur nourriture. De plus, on peut s'attendre à ce que d'infimes quantités de BPC s'accumulent progressivement dans la chaîne alimentaire, ce qui exposerait les espèces d'oiseaux et de mammifères terrestres à de légères doses du contaminant.

Cependant, les concentrations décroissantes de BPC dans les oeufs des oiseaux marins recueillis dans le Golfe depuis les années 70 laissent entendre que les fuites de BPC des 25 dernières années n'ont pas eu d'incidence mesurable à long terme sur les oiseaux marins.

Tout comme dans les deux scénarios de la pire éventualité, on s'attend à ce que les concentrations de BPC dans les régions côtières et les estuaires soient négligeables (MPO 1996). Le **homard** et les **mollusques marins** ne courent aucun risque, Si ce n'est celui d'absorber des BPC mélangés au mazout qui parviendrait jusqu'au littoral. Or, les échantillons de mazout qui ont récemment été prélevés près de *l'Irving Whale* ne contenaient pas de quantités mesurables de BPC (MPO, 1996). Le **littoral** du Golfe ne devrait recevoir que d'infimes quantités de BPC mélangées à du mazout. Cependant, à long terme, un déversement de BPC dans le Golfe contribuerait à accroître la quantité de BPC dans l'**environnement terrestre** éloigné, mais cet accroissement ne serait pas mesurable. Chez les oiseaux qu'on étudie depuis le début des années 70, on a constaté une réduction de la teneur en BPC au fil des ans. Dans certains cas, la quantité était 10 fois moins élevée (Burgess, 1996).

Le déversement ne devrait entraîner que la fuite de petites quantités de BPC, et les risques pour les **travailleurs** devraient demeurer minimes. Malgré tout, il se pourrait que les plongeurs, une fois dans l'eau, viennent en contact avec des BPC. Par conséquent, il leur sera interdit de plonger pendant le renflouage proprement dit, à moins qu'il survienne des problèmes de sécurité majeurs qui les obligent à retourner dans l'eau.



Le déversement pourrait entraîner des risques pour la **santé publique** si le poisson, les mollusques ou les crustacés contaminés étaient consommés par des résidents des environs ou vendus sur les marchés commerciaux. Les **espèces de poissons commerciales** pourraient être exposées à des concentrations élevées de BPC dans un rayon de 4 km ou de 0,5 km². On s'attend à ce que le **homard** n'absorbe que des quantités infimes de contaminants. En revanche, le **crabe des neiges** qui vit dans les zones fortement contaminées risque d'absorber des concentrations supérieures à 2 mg/kg. Les **zones récréatives** ne devraient pas être touchées. La fuite susciterait peu de publicité, et l'industrie du **tourisme** n'en souffrirait aucunement. Si l'on s'en tient aux concentrations de BPC prévues, les **plages du Golfe** devraient n'être exposées qu'à des quantités infimes de BPC qui auraient été mélangées à du mazout. Il n'y a pas de voie commerciale de transport aux environs de *l'Irving Whale*, de sorte que l'industrie du **transport** ne risque pas d'être touchée par un éventuel déversement.

En résumé, l'exposition à un déversement qui surviendrait durant l'«opération proposée» et serait de l'ampleur de celui qui s'est produit lors du naufrage de *l'Irving whale* serait minime dans les régions proches et éloignées.

5.3 Évaluation des effets

5.3.1 Scénario de la pire éventualité: Déversement à la surface

Toute la biote située dans la traînée de BPC qui se formera à la suite d'un déversement éventuel sera touchée. D'après le MPO (rapport scientifique, 1996), les très jeunes organismes de la **communauté pélagique**, et notamment les oeufs et les larves de **maquereau**, les **poissons**, le **zooplancton** et le **phytoplancton** seront décimés. À long terme, il pourrait y avoir des effets néfastes sur la capacité de reproduction des poissons et du zooplancton dont les tissus auront absorbé de fortes doses non mortelles de BPC. Il sera difficile d'évaluer l'importance des effets sur la survie des populations d'espèces pélagiques, ainsi que sur la production de zooplancton et la taille des populations de phytoplancton, parce que ces organismes auront été exposés aux BPC pendant un laps de temps relativement court, et qu'une petite zone seulement du Golfe présentera des concentrations élevées de BPC. On pense donc qu'un faible pourcentage seulement de toutes les populations sera touché. Les **bélugas** ne fréquentent habituellement pas la zone où est échoué *l'Irving Whale*, mais plutôt la côte nord du Québec et l'Estuaire. On peut toutefois penser qu'ils absorberont une dose de BPC qui pourrait avoir des effets à long terme sur leur physiologie. Les **oiseaux marins** qui se



nourrissent surtout d'aliments contaminés pourraient subir des effets à court terme, mais seules les populations d'espèces d'oiseaux dont le régime alimentaire habituel se compose essentiellement d'aliments contaminés pourraient subir des effets mesurables, ce qui ne devrait pas se produire dans une région de la taille du Golfe.

D'après le rapport scientifique du MPO, on prévoit que la **communauté benthique du Golfe**, les **poissons démersaux** et plus particulièrement les petits **invertébrés benthiques**, vivant dans la zone des 0,5 km² de sédiments qui renfermera des concentrations mesurables de BPC attribuables à un déversement de surface, présenteront des effets sublétaux chroniques. Cela pourra se traduire par des baisses mesurables des niveaux de certaines populations. Le **crabe des neiges** vivant dans la zone contaminée pourra connaître une diminution de la taille de sa population, à cause du déclin des sources de nourriture et du niveau élevé de toxicité auquel il aura été exposé au début de sa vie, tout de suite après le déversement. Le **homard** et les **mollusques marins**, qui fréquentent les régions côtières, ne devraient subir aucun effet attribuable aux BPC.

Un déversement important de BPC aura des incidences socio-économiques certaines. Il faudra probablement procéder à la fermeture provisoire des **pêches commerciales**, jusqu'à ce qu'on établisse s'il y a contamination du poisson. Chez le **crabe des neiges**, on prévoit des concentrations dans les tissus comestibles supérieures à 2 mg/kg, niveau auquel Santé Canada recommande d'aviser les consommateurs de produits de la mer. Le crabe des neiges est également vendu au Japon, où le niveau acceptable de concentration est de 0,5 mg/kg. La consommation régulière de poissons ou de crustacés et de coquillages présentant des concentrations de BPC supérieures à 2mg/kg peut avoir des conséquences pour la **santé publique**. On peut également prévoir des répercussions sur le **tourisme**, à cause de la mauvaise presse, répercussions qui seront cependant difficiles à évaluer. On peut aussi s'attendre à une baisse des ventes de homards dans l'ensemble des Maritimes pendant une courte période, bien que le homard ne devrait pas être exposé aux substances toxiques en question. Les **ressources terrestres** locales et les **zones récréatives**, et notamment les **plages**, ne devraient pas être exposées aux BPC, et ne devraient donc pas être touchées.

L'**activité économique** sera touchée si un déversement majeur de BPC se produisait et entraînerait la fermeture de la pêche du crabe des neiges pendant cinq ans, dans une zone de 350 m². On peut prévoir dans ce cas, au minimum, une baisse de 12,26 millions de dollars du produit intérieur brut, et une réduction totale de l'emploi de 960 années-personnes. La fermeture de zones de pêche plus vastes ou d'autres pêches pourrait avoir des incidences



économiques plus importantes. Ces dernières seraient encore plus grandes en cas de déversement majeur. Si les chargements de produits du crabe des neiges expédiés au Japon devaient perdre au moins 10 p. cent de leur valeur annuelle courante.

5.3.2 Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres

D'après le rapport scientifique du MPO, les très jeunes organismes de la **communauté pélagique** vivant dans la tranche d'eau située immédiatement au-dessus de la barge après un important déversement seront décimés. À mesure que les BPC se déposeront et se propageront dans les sédiments benthiques, les concentrations diminueront dans la tranche d'eau, pour atteindre des niveaux infimes, et il sera alors impossible de mesurer les effets. Il sera aussi difficile d'évaluer l'importance des effets sur la survie des populations d'espèces pélagiques, ainsi que sur la production de zooplancton et les populations de phytoplancton, parce que ces organismes auront été exposés aux BPC pendant un laps de temps relativement court, et qu'une petite zone seulement du Golfe présentera des concentrations élevées de BPC. On pense donc qu'un faible pourcentage seulement de toutes les populations sera touché. Les **bélugas** ne fréquentent habituellement pas la zone où est échoué l'*Irving Whale*, mais plutôt la côte nord du Québec et l'Estuaire. On peut toutefois penser qu'ils absorberont une dose de BPC qui pourrait avoir des effets à long terme sur leur physiologie. Les **oiseaux marins** qui se nourrissent surtout d'aliments contaminés pourraient subir des effets à court terme, mais seules les populations d'espèces d'oiseaux dont le régime alimentaire habituel se compose essentiellement d'aliments contaminés pourraient subir des effets mesurables, ce qui ne devrait pas se produire dans une région de la taille du Golfe.

D'après le rapport scientifique du MPO, on prévoit que la **communauté benthique du Golfe**, les **poissons démersaux** et plus particulièrement les petits **invertébrés benthiques**, vivant dans un rayon de 10 km autour de la zone de sédiments où se sera produit le déversement, zone qui renfermera donc des concentrations mesurables de BPC, présenteront des effets sublétaux mortels ou chroniques. Cela pourra se traduire par des baisses mesurables des niveaux de certaines populations. Le **crabe des neiges** vivant dans la zone contaminée pourra connaître une diminution de la taille de sa population, à cause du déclin des sources de nourriture et du niveau élevé de toxicité auquel il aura été exposé au début de sa vie, tout de suite après le déversement. Le **homard** et les **mollusques marins**, qui fréquentent les régions côtières, ne devraient subir aucun effet attribuable aux BPC.

Un déversement important de BPC aura des incidences socio-économiques certaines. Il faudra probablement procéder à la fermeture provisoire des **pêches commerciales**, jusqu'à ce qu'on



établisser s'il y a contamination du poisson. Chez le **crabe des neiges**, on prévoit des concentrations dans les tissus comestibles supérieures à 2 mg/kg, niveau auquel Santé Canada recommande d'aviser les consommateurs de produits du poisson. Le crabe des neiges est également vendu au Japon, où le niveau acceptable de concentration est de 0,5 mg/kg.. La consommation régulière de poissons ou de crustacés et de coquillages présentant des concentrations de BPC supérieures à 2mg/kg peut avoir des conséquences pour la **santé publique**. On peut également prévoir des répercussions sur le **tourisme**, à cause de la mauvaise presse, répercussions qui seront cependant difficiles à évaluer. On peut aussi s'attendre à une baisse des ventes de homards dans l'ensemble des Maritimes pendant une courte période, bien que le **homard** ne devrait pas être exposé aux substances toxiques en question. Les **ressources terrestres** locales et les **zones récréatives**, et notamment les **plages**, ne devraient pas être exposées aux BPC, et ne devraient donc pas être touchées.

L'activité économique subira des effets Si un déversement majeur de BPC se produisait et entraînait la fermeture de la pêche du crabe des neiges pendant cinq ans, dans une zone de 350 km². On peut prévoir dans ce cas, au minimum, une baisse de 12,26 millions de dollars du produit intérieur brut, et une réduction totale de l'emploi de 960 années-personnes. La fermeture de zones de pêche plus vastes ou d'autres pêches pourrait avoir des incidences économiques plus importantes. Ces dernières seraient encore plus grandes en cas de déversement majeur, Si les chargements de produits du crabe des neiges expédiés au Japon devaient perdre au moins 10 p. cent de leur valeur annuelle courante.

5.3.3 *Opération proposée (OP)*

Les faibles quantités de BPC risquant de s'échapper à la surface pendant le déroulement d'une opération normale de récupération ne devront avoir aucun effet mesurable ni sur la **communauté pélagique**, ni sur la **communauté benthique du Golfe**, ni notamment sur les **poissons démersaux**, le **crabe des neiges** et les **petits invertébrés benthiques**, vivant dans la zone de 0,5km² où il y a un risque de retombées de BPC provenant de la tranche d'eau. On ne prévoit pas non plus de déversement modéré au fond qui pourrait avoir des effets mesurables sur la **communauté pélagique**, et notamment le **maquereau bleu**, ou la **communauté benthique du Golfe**, et notamment les **poissons démersaux**, le **crabe des neiges** et les **petits invertébrés benthiques**.

Il pourra se former de petites zones de sédiments présentant des niveaux de BPC suffisants pour avoir des effets mortels ou sublétaux chez les espèces sensibles, mais elles devraient se concentrer dans une très petite zone, à moins de 4 km des lieux. Les BPC infiltrés dans les



sédiments devraient être dispersés un an après tout déversement. Les organismes contaminés ayant une durée de vie courte, comme les invertébrés benthiques, seront remplacés par de nouvelles générations aux niveaux de contamination de plus en plus faibles. Chez les espèces de poissons et de mammifères ayant une durée de vie plus longue, les BPC présents dans les tissus disparaîtront avec le temps. C'est ainsi qu'on a constaté que, chez la sole, poisson démersal, la demi-vie varie de 6 à 107 jours. Ces variations de la durée de disparition des BPC constatées chez diverses espèces sont sans doute attribuables à la quantité différente de liquide contenu dans les tissus (CanTox, 1994). Les effets des BPC sur les tissus seront d'autant plus réduits qu'il s'agira d'un déversement ponctuel. L'enlèvement des BPC, auquel on procédera avec l'enlèvement de l'*Irving Whale*, éliminera le risque, présent depuis 25 ans, que ces effets ne se produisent, et réduira la charge corporelle de BPC chez les organismes vivant autour de la barge. En laissant cette dernière au fond de l'eau, on ne fait qu'accroître le risque de contamination de ces organismes par les BPC. Il sera sans doute impossible de mesurer les doses de BPC absorbées par les bélugas à la suite de l'OP, étant donné qu'un faible pourcentage seulement de communautés biologiques aquatiques sera exposé aux BPC, et que ces mammifères fréquentent des régions éloignées de l'emplacement de l'*Irving Whale*. On ne s'attend donc à aucun effet néfaste sur la physiologie des baleines. On a observé, au cours des 25 dernières années, chez les populations d'oiseaux marins fréquentant la zone où se trouve la barge, une diminution de la charge corporelle de BPC. En éliminant le risque, on devrait permettre à cette tendance de se poursuivre. Comme on n'a constaté aucun effet mesurable causé par des déversements au cours des 25 dernières années chez les oiseaux marins, l'ajout d'une faible quantité de BPC, de façon ponctuelle, ne devrait donc pas avoir d'effets mesurables sur les populations fauniques.

Un déversement modéré de BPC pendant les opérations normales ne devrait pas avoir d'incidences socio-économiques. On réduira d'ailleurs les risques d'effets néfastes sur l'activité socio-économique en éliminant la cause même du risque, c'est-à-dire en enlevant la barge. Il faudra peut-être, pour apaiser les craintes de la population, fermer provisoirement les pêches commerciales, jusqu'à ce qu'il soit établi que la contamination n'est pas grave. On prévoit, chez le crabe des neiges, des concentrations dans les tissus comestibles inférieures à 2 mg/kg, niveau auquel Santé Canada recommande d'aviser les consommateurs de produits du poisson, et inférieures également à 0,5 mg/kg, niveau acceptable pour la consommation au Japon. Au Canada, on considère que la consommation régulière de poissons ou de crustacés et de coquillages présentant des concentrations de BPC inférieures à 2mg/kg représente un risque acceptable sur le plan de la santé publique. On ne prévoit aucun effet néfaste sur le tourisme, mais plutôt un effet positif, en raison de la publicité que suscitera le renflouage réussi de l'*Irving Whale*, effet qui sera cependant difficile à mesurer. Les ventes de homard ne



devraient pas être touchées, puisque le crustacé ne devrait pas être exposé aux substances toxiques en question. Les **ressources terrestres** locales et les **zones récréatives**, et notamment les **plages**, ne devraient pas être exposées aux BPC, et ne devraient donc pas être touchées.

On ne devrait observer aucun changement ni aucune incidence socio-économiques, s'il n'y a pas de déversement de BPC.

5.4 Évaluation de l'importance des incidences

5.4.1 Scénario de la pire éventualité: Déversement à la surface

5.4.1.1 Communauté pélagique du Golfe - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun changement mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de mammifères marins, ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons ou les mammifères marins. Il y aurait des effets sur la communauté pélagique, mais ces effets se résorberaient en un ou deux ans.

5.4.1.2 Poisson pélagique - Les effets, et par le fait même les incidences sur le poisson pélagique, sont jugés minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population, même de celle des espèces qui sont vulnérables.

5.4.1.3 Maquereau bleu - Même si le taux de mortalité locale à court terme pourrait être élevé, les incidences sur le maquereau sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population.

5.4.1.4 Zooplancton - Les incidences sur le zooplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du zooplancton. Tout effet sur la productivité du zooplancton se résorberait en un an.

5.4.1.5 Phytoplancton - Les incidences sur le phytoplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du phytoplancton. On prévoit que tout effet sur la productivité du phytoplancton se résorberait en un an.



5.4.1.6 Bélugas - Les incidences sur les bélugas sont jugées importantes, car il pourrait y avoir un effet mesurable sur la condition physiologique de ces baleines.

5.4.1.7 Communauté benthique du Golfe - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit des changements mesurables, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de macro-invertébrés (p. ex. homard, crabe des neiges, mollusques), ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons et les macro-invertébrés dans certains secteurs.

5.4.1.8 Poissons démersaux - Les incidences sur les poissons démersaux sont jugées importantes, car on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population des espèces vulnérables.

5.4.1.9 Crabe des neiges - Les incidences sur le crabe des neiges sont jugées importantes, car on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

5.4.1.10 Homard - Les incidences sur le homard sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible de la taille de la population.

5.4.1.11 Mollusques marins - Les incidences sur les mollusques marins sont jugées importantes, car on prévoit qu'il pourrait y avoir une réduction mesurable, à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population de certaines espèces vulnérables dans le secteur des sédiments où les concentrations sont les plus élevées.

5.4.1.12 Autres invertébrés benthiques - Les incidences sur les autres invertébrés benthiques sont jugées importantes, car on prévoit qu'il pourrait y avoir une réduction mesurable, à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la productivité de certaines espèces vulnérables dans le secteur des sédiments où les concentrations sont les plus élevées.

5.4.1.13 Ressources terrestres - Les incidences sur le littoral sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune diminution mesurable de la qualité de l'habitat des oiseaux et des organismes aquatiques.

5.4.1.14 Oiseaux marins - Les incidences sur les oiseaux marins sont jugées importantes, car il pourrait y avoir pendant plusieurs années un effet néfaste sur le taux de reproduction des



espèces vulnérables et hautement exposées.

5.4.1.15 Santé et sécurité des travailleurs - Les incidences sont jugées importantes, car le risque d'hospitalisation, d'accident ou de mort des travailleurs excède les normes dans l'industrie.



On trouvera ci-après, au tableau 6, une évaluation de l'importance des incidences d'un déversement de BPC.

TABLEAU 6

Importance des incidences d'un déversement de BPC

ÉLÉMENT IMPORTANT D'ÉCOSYSTÈME EIE	SCÉNARIO DE LA PIRE ÉVENTUALITÉ À LA SURFACE	SCÉNARIO DE LA PIRE ÉVENTUALITÉ 67 M	OPÉRATION PROPOSÉE
Communauté pélagique du Golfe	m	m	m
Poissons pélagiques	m	m	m
Maquereaux bleus	m	m	m
zooplankton	m	m	m
Phytoplancton	m	m	m
Bélugas			m
Communauté benthique du Golfe	i	i	m
Poissons démersaux	i	i	m
Crabes des neiges	i	i	m
Homards	m	m	m
Mollusques marins	i	i	m
Autres invertébrés benthiques			m
Ressources terrestres	m	m	m
Oiseaux marins	i	i	m
Santé et sécurité des travailleurs			m
Santé publique		i	m
Activité économique			m
Pêche	i	i	m
Récolte du homard	m	m	m
Récolte du crabe des neiges			m
Activités récréatives	m	m	m
Tourisme	m	m	m
Plages	m	m	m
Transport	m	m	m
* m = minime i = important			

5.4.1.16 Santé publique - Les incidences des effets néfastes sur la santé humaine sont jugés importants, car on prévoit que la consommation humaine de BPC dans le crabe des neiges dépasserait les limites acceptables.

5.4.1.17 Activité économique - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit que les pertes d'emplois et de revenus dans le secteur de la pêche du crabe des neiges seront d'une durée et d'une ampleur supérieures à celles qui pourraient résulter des fluctuations à court terme dans le secteur économique.

5.4.1.18 Pêche du poisson - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit qu'il y aurait une fermeture de la pêche, du moins à court terme.



Évaluation approfondie du projet de récupération de l'*Irving Whale*, tenant compte de la présence du BPC

5.4.1.19 Récolte du homard - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas qu'il y aurait une fermeture de la pêche du homard.

5.4.1.20 Récolte du crabe des neiges - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit qu'il y aurait une fermeture de la pêche du crabe des neiges dans certains secteurs.

5.4.1.21 Activités récréatives - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune restriction d'utilisation dans le secteur des activités récréatives.

5.4.1.22 Tourisme - Les incidences sur le tourisme sont jugées minimales, car la réduction du nombre de touristes et des revenus générés par le tourisme ne serait pas plus importante que celle qui pourrait résulter des fluctuations à court terme dans le secteur touristique.

5.4.1.23 Plages - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de restrictions ou de changements esthétiques qui seront susceptibles de restreindre l'utilisation des plages.

5.4.1.24 Transport - Les incidences sont jugées minimales, car aucun axe de trafic maritime n'est situé dans le secteur de l'*Irving Whale*.

5.4.2 Scénario de la pire éventualité: Déversement à 67 mètres

5.4.2.1 Communauté pélagique du Golfe - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun changement mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de mammifères marins, ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons ou les mammifères marins. Il y aura des effets sur la communauté pélagique, mais ces effets se résorberont en un ou deux ans.

5.4.2.2 Poisson pélagique - Les effets, et par le fait même les incidences sur le poisson, sont jugés minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population d'espèces vulnérables.

5.4.2.3 Maquereau bleu - Les incidences sur le maquereau bleu sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population.

5.4.2.4 Zooplancton - Les incidences sur le zooplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du zooplancton. Tout effet sur la productivité du zooplancton se résorbera en un an.



5.4.2.5 Phytoplancton - Les incidences sur le phytoplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la production du phytoplancton. Tout effet sur la production du phytoplancton se résorbera en un an.

5.4.2.6 Bélugas - Les incidences sur les bélugas sont jugées importantes, car il pourrait y avoir un effet mesurable sur la condition physiologique de ces baleines.

5.4.2.7 Communauté benthique du Golfe - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit des changements mesurables, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de macro-invertébrés (p. ex. homard, crabe des neiges, mollusques), ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons et les macro-invertébrés dans certains secteurs.

5.4.2.8 Poissons démersaux - Les incidences sur les poissons démersaux sont jugées importantes, car on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population d'espèces vulnérables.

5.4.2.9 Crabe des neiges - Les incidences sur le crabe des neiges sont jugées importantes, car on prévoit une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

5.4.2.10 Homard - Les incidences sur le homard sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

5.4.2.11 Mollusques marins - Les incidences sur les mollusques marins sont jugées importantes, car on prévoit qu'il pourrait y avoir une réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population de certaines espèces vulnérables dans le secteur des sédiments où les concentrations sont les plus élevées.

5.4.2.12 Autres invertébrés benthiques - Les incidences sur les autres invertébrés benthiques sont jugées importantes, car on prévoit qu'il pourrait y avoir une réduction mesurable, à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la productivité de certaines espèces vulnérables dans le secteur des sédiments où les concentrations sont les plus élevées.

5.4.2.13 Ressources terrestres - Les incidences sur le littoral sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune diminution mesurable de la qualité de l'habitat des oiseaux et des organismes



aquatiques.

5.4.2.14 Oiseaux marins - Les incidences sur les oiseaux marins sont jugées importantes, car il pourrait y avoir pendant plusieurs années un effet néfaste sur le taux de reproduction des espèces vulnérables et hautement exposées.

5.4.2.15 Santé et sécurité des travailleurs - Les incidences sont jugées importantes, car le risque d'hospitalisation, d'accident ou de mort des travailleurs excéderait les normes dans l'industrie si des plongeurs étaient dans l'eau au moment d'un bris éventuel de *l'Irving Whale*.

5.4.2.16 Santé publique - Les incidences des effets néfastes sur la santé humaine sont jugées importantes, car on prévoit que la consommation humaine de BPC dans le crabe des neiges dépasserait les limites acceptables.

5.4.2.17 Activité économique - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit que les pertes d'emplois et de revenus dans le secteur de la pêche du crabe des neiges seront d'une durée et d'une ampleur supérieures à celles qui pourraient résulter des fluctuations à court terme dans le secteur économique.

5.4.2.18 Pêche du poisson - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit qu'il y aura une fermeture de la pêche, du moins à court terme.

5.4.2.19 Récolte du homard - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de fermeture de la pêche du homard.

5.4.2.20 Récolte du crabe des neiges - Les incidences sont jugées importantes, car on prévoit qu'il y aura une fermeture de la pêche du crabe des neiges dans certains secteurs.

5.4.2.21 Activités récréatives - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune restriction d'utilisation dans les activités récréatives.

5.4.2.22 Tourisme - Les incidences sur le tourisme sont jugées minimales, car la réduction du nombre de touristes et des revenus générés par le tourisme ne serait pas plus importante que celle qui pourrait résulter des fluctuations à court terme dans le secteur touristique.

5.4.2.23 Plages - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de restrictions ou de changements esthétiques qui seront susceptibles de restreindre l'utilisation des plages.

5.4.2.24 Transport - Les incidences sont jugées minimales, car aucun axe de trafic maritime



n'est situé dans le secteur de l'*Irving Whale*.

5.4.3 Opération proposée (OP)

5.4.3.1 Communauté pélagique du Golfe - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun changement mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de mammifères marins, ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons ou les mammifères marins.

5.4.3.2 Poisson pélagique - Les effets, et par le fait même les incidences sur le poisson, sont jugés minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, du nombre d'espèces vulnérables.

5.4.3.3 Maquereau bleu - Les incidences sur le maquereau bleu sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la taille de la population.

5.4.3.4 Zooplancton - Les incidences sur le zooplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du zooplancton.

5.4.3.5 Phytoplancton - Les incidences sur le phytoplancton sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité prévisible, de la productivité du phytoplancton.

5.4.3.6 Bélugas - Les incidences sur les bélugas sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun effet mesurable sur la condition physiologique de ces baleines.

5.4.3.7 Communauté benthique du Golfe - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun changement mesurable, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, dans le nombre de poissons ou de macro-invertébrés (p. ex. homard, crabe des neiges, mollusques), ou dans la productivité de la communauté d'organismes vitaux pour les poissons et les macro-invertébrés dans certains secteurs.

5.4.3.8 Poissons démersaux - Les incidences sur les poissons démersaux sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population des espèces.



5.4.3.9 Crabe des neiges - Les incidences sur le crabe des neiges sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

5.4.3.10 Homard - Les incidences sur le homard sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population.

5.4.3.11 Mollusques marins - Les incidences sur les mollusques marins sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la taille de la population des espèces.

5.4.3.12 Autres invertébrés benthiques - Les incidences sur les autres invertébrés benthiques sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune réduction mesurable à long terme, au-delà de la variabilité naturelle prévisible, de la productivité de ces espèces dans l'un ou l'autre des secteurs des sédiments du Golfe.

5.4.3.13 Ressources terrestres - Les incidences sur le littoral sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune diminution mesurable de la qualité de l'habitat des oiseaux et des organismes aquatiques.

5.4.3.14 Oiseaux marins - Les incidences sur les oiseaux marins sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun effet néfaste sur le taux de reproduction des espèces, même de celui des espèces vulnérables et hautement exposées.

5.4.3.15 Santé et sécurité des travailleurs - Les incidences sont jugées minimales pour les travailleurs, car le risque d'hospitalisation, d'accident ou de mort des travailleurs n'excède pas les normes dans l'industrie.

5.4.3.16 Santé publique - Les incidences des effets néfastes sur la santé humaine sont jugées minimales, car on ne prévoit pas que la consommation de BPC dans les espèces comestibles du Golfe dépasserait les limites acceptables.

5.4.3.17 Activité économique - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucun effet sur l'un ou l'autre des secteurs de l'économie.

5.4.3.18 Pêche du poisson - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de fermeture de la pêche.



5.4.3.19 Récolte du homard - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de fermeture de la pêche du homard.

5.4.3.20 Récolte du crabe des neiges - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de fermeture de la pêche du crabe des neiges.

5.4.3.21 Activités récréatives - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit aucune restriction d'utilisation.

5.4.3.22 Tourisme - Les incidences sur le tourisme sont jugées minimales, car la réduction du nombre de touristes et des revenus générés par le tourisme ne serait pas plus importante que celle qui pourrait résulter des fluctuations à court terme dans le secteur touristique.

5.4.3.23 Plages - Les incidences sont jugées minimales, car on ne prévoit pas de restrictions ou de changements esthétiques qui seront susceptibles de restreindre l'utilisation des plages.

5.4.3.24 Transport - Les incidences sont jugées minimales, car aucun axe de trafic maritime n'est situé dans le secteur de l'*Irving Whale*.

6. SOMMAIRE DES MESURES D'ATTÉNUATION PROPOSÉES

6.1 Atténuation des incidences importantes (scénarios de la pire éventualité)

Un dispositif de mesure des contraintes sera fixé à la coque de l'*Irving Whale*, de manière à ce qu'on interrompe l'opération de renflouage si les contraintes de levage dépassent les tolérances établies, jusqu'à ce qu'il soit remédié à la situation. S'il n'est pas possible d'y remédier, on mettra fin à l'opération et la barge sera redescendue sur le fond marin.

Tous les scénarios de déversement possibles sont assortis de plans de mesures d'urgence traitant des pertes maîtrisables. De plus, l'assurance-responsabilité des deux promoteurs fédéraux (MPO et EC) pour le déversement du mazout et des BPC sera en vigueur avant le début des opérations et pendant toute la durée de celles-ci.

6.2 Atténuation des incidences de l'opération proposée (OP)

Les mesures d'atténuation sont un élément essentiel, qui ont été intégrées à la conception du projet. Elles comprennent l'évaluation des options proposées en vue de réduire le déversement



de BPC de l'*Irving Whale* dans le Golfe. Elles comprennent aussi l'élaboration de mesures et de stratégies techniques destinées à rendre minime toute incidence importante prévue. Toutefois, aucune des stratégies et méthodes d'atténuation proposées par les spécialistes techniques ou par la communauté, par l'entremise des commentaires du public, n'est dépourvue de risque. Par conséquent, le processus d'élaboration et de sélection de stratégies d'atténuation doit tenir compte du *risque relatif*. Les principes suivants ont été suivis durant la conception du projet. Ils seront également appliqués à son exécution

- La réduction des risques pour les travailleurs.
- La planification et l'adoption de mesures destinées à éviter ou à réduire tout effet environnemental néfaste (p. ex., l'application de plans de mesures d'urgence, l'indemnisation des pertes économiques)
- La planification et la mise en oeuvre de mesures destinées à éviter toute incidence importante prévue de se produire, faisant appel à des méthodes et contrôles techniques (p. ex. les méthodes techniques et de récupération).
- Le recours à des méthodes de conception et modalités opérationnelles qui comporteront le moins possible de risque pour tous les EIE pertinents au sein des options existantes.

Il ressort de l'évaluation environnementale initiale supplémentaire que la récupération et la mise au rancart subséquente de la barge peuvent être exécutées en toute sécurité et avoir des incidences environnementales minimales, à condition que les mesures d'atténuation recommandées ci-après, faisant appel à des techniques connues, soient adoptées.

Mesures d'atténuation durant la pose des élingues

Les sabots avant installés à la coque durant l'opération de 1995 seront dotés de coussins qui empêcheront que l'élingue avant ne soit endommagée. Les berceaux arrière seront conçus pour éviter les dommages à l'élingue arrière.

Des plongeurs procéderont à une inspection détaillée des côtés bâbord et tribord de la canalisation bouclée, y compris des tubulures de raccordement et des vannes. En cas de dommage, on procédera à des réparations, par exemple à la pose de pièces, là où cela est possible.



Les conduites de la canalisation bouclée et les vannes des citernes situées près des élingues seront protégées contre le frottement ou les dommages susceptibles d'être causés par les élingues.

On prélèvera des échantillons de sédiments alentour du périmètre de la barge pour déterminer les concentrations de BPC avant le renflouage. D'autres échantillons de sédiments seront prélevés à l'arrière de la barge, sous la quète de l'étambot, à proximité des salles des machines et des pompes. Des concentrations élevées de BPC pourraient indiquer si des fuites se sont produites depuis la salle des machines située au-dessus.

On prélèvera également des échantillons d'eau de la salle des machines et de la salle des pompes, cela à des hauteurs prédéterminées, pour déceler la présence éventuelle de BPC dans l'eau. De plus, à l'aide d'une sonde, on recueillera aussi un échantillon du liquide des bouchains de la salle des machines et de la salle des pompes. Cela permettra de déterminer si des BPC libres sont présents dans la partie inférieure de ces lieux, ou si le fluide de chauffage est confiné dans les canalisations qui s'y trouvent.

Les débris comme les cordages de polypropylène et les câbles se trouvant alentour de la barge seront enlevés et ramenés à la surface, où on les acheminera à une décharge agréée. On assurera ainsi la sécurité des plongeurs et on éliminera les obstacles à l'opération de renflouage.

De grandes ouvertures seront ménagées le long des parois bâbord et tribord de la lisse de pavois du caisson à fret pour permettre l'écoulement rapide de l'eau de ce dernier au moment où l'*Irving Whale* sera remonté hors de l'eau.

Un dispositif sera installé pour surveiller la flexion de la coque au cours du levage.

La position de la barge sur le fond de mer sera clairement marquée à l'aide de bouées ou d'émetteurs ultrasons, cela pour permettre l'échantillonnage et l'application des mesures de réparation pertinentes après l'enlèvement de la barge.

On avertira les plongeurs qu'ils doivent prendre des précautions particulières lorsqu'ils travaillent alentour de la canalisation bouclée, afin d'éviter d'endommager les conduites de chauffage de la cargaison, qui sont exposées, et les vannes des citernes.

On préviendra aussi les plongeurs qu'il est vraisemblable que la majorité des BPC se trouve dans les bouchains de la salle des machines et qu'ils doivent donc prendre les précautions



nécessaires lorsqu'ils installent et soudent les berceaux de levage à l'arrière.

Mesures d'atténuation durant le levage de la barge

Une fois la pose des élingues terminée, on appliquera à chacune d'elles une charge partielle et on surveillera la situation au moyen du véhicule télécommandé. Si les résultats sont satisfaisants, la charge sera progressivement accrue, jusqu'à ce qu'on atteigne la tension de levage calculée. La tension exercée sur chaque élingue sera continuellement surveillée depuis chaque barge de levage à la surface. Si les flexions de tolérance ne sont pas dépassées, on procédera alors au levage.

La barge sera remontée à une hauteur suffisante pour permettre au véhicule télécommandé d'inspecter les tôles du fond. On évaluera alors tout dommage éventuel à ces dernières et on décidera s'il faut ou non poursuivre le renflouage. Pour s'assurer que la barge est soulevée en assiette horizontale et sans gîte, quatre indicateurs de profondeur (pneumo-sondeurs) seront installés aux quatre coins de la barge et seront surveillés depuis la surface.

On remontera lentement la barge à la surface et on dénoiera alors les compartiments de l'avant (coqueron et gaillard avant) et ceux de l'arrière (salle des machines et salle des pompes) pour alléger la charge sur les élingues.

L'analyse de l'eau et du liquide des bouchains de la salle des machines et de la salle de pompage révélera si le dénoyage de ces compartiments doit s'effectuer directement par-dessus bord ou dans des contenants approuvés placés à bord des navires de l'entrepreneur positionnés sur les lieux.

Mesures d'atténuation au cas où la coque serait perforée ou endommagée d'une manière quelconque

Si une éventuelle perforation des tôles du fond a occasionné des dommages aux serpentins de chauffage, il est probable que le fluide de chauffage, qui est plus lourd que l'eau, se sera déjà écoulé dans les sédiments situés directement sous la perforation. On ne tentera pas de réparer une brèche dans les tôles du fond d'une citerne, parce qu'il y a là un risque inacceptable pour la sécurité des plongeurs.

Mesures d'atténuation visant à empêcher l'évacuation délibérée de substances contaminées dans l'environnement



Pour s'assurer que l'eau à évacuer est exempte de contaminant, on tentera de faire prélever par des plongeurs des échantillons d'eau des espaces clos de la salle des machines et de la salle des pompes avant de récupérer la barge. Si possible, on effectuera des analyses chimiques sur place pour déterminer si des BPC sont présents dans l'eau, ou on fera procéder à ces analyses dans un laboratoire du gouvernement fédéral. Le prélèvement d'échantillons ne s'effectuera que là où il n'accroît pas notablement les risques pour la sécurité des plongeurs.

Mesures d'atténuation durant le transport jusqu'à Halifax

Durant le voyage vers Halifax, le navire de transport sera accompagné d'un navire de la GCC.

La route qui sera empruntée dans le golfe du Saint-Laurent jusqu'au détroit de Cabot se trouve à l'écart des grands axes de trafic maritime.

Les conditions météorologiques seront continuellement surveillées durant le voyage et des ports de refuge seront désignés d'avance en cas de mauvais temps.

Enlèvement des BPC de l'Irving Whale dans les installations de Halifax Shipyards Limited (HSL)

Une fois l'*Irving Whale* placé en toute en sécurité dans la cale sèche des installations de Halifax Shipyards, les BPC contenus dans le système de chauffage seront enlevés, selon des modalités conformes à la réglementation provinciale (voir l'annexe E). Avant d'évacuer le mazout et l'eau, on les aura échantillonnés et analysés, comme d'ailleurs la surface de la barge, pour déterminer s'ils ont été contaminés par les BPC. Si on y trouve des BPC, ceux-ci seront enlevés et éliminés de façon conforme aux exigences fédérales et provinciales.



7. SURVEILLANCE

7.1 Décontamination des lieux

Le programme de surveillance (évaluations de variables environnementales) établi dans le cadre du projet prévoit d'abord la décontamination du fond marin autour de l'*Irving Whale*. Pendant les préparatifs du renflouage, on prélèvera des échantillons de sédiments tout autour de la barge, afin d'établir les niveaux de BPC (paragraphe 2.3.2.1). S'il devait se produire un déversement modéré de BPC pendant le renflouage, ces derniers iraient se déposer au fond de la mer. Une fois l'opération proposée ((OP) terminée, on prélèvera des échantillons de sédiments sur les lieux, afin d'établir les niveaux de BPC. Si l'écart entre les résultats des analyses effectuées avant et après le renflouage justifie une décontamination, on procédera au nettoyage des zones contaminées. Les sédiments seront enlevés à l'aide d'une drague suceuse, placés dans des contenants homologués qui se trouveront à bord de l'un des navires de surface, puis éliminés de façon satisfaisante. On prélèvera également des échantillons de biote commerciale aux fins d'analyse.

7.2 Plan de surveillance

Si les échantillons susmentionnés, ou les observations faites pendant le renflouage, révèlent un déversement majeur de BPC, le programme d'échantillonnage devra être élargi. Selon le scénario de déversement, on prélèvera d'autres échantillons le long de la trajectoire de dispersion prévue dans le Rapport scientifique (Annexe C - figures 10 et 11). La grille et les périodes d'échantillonnage devront être conformes à ces projections.

En cas de déversement majeur de BPC, il faudra prélever des échantillons de biote commerciale dans la zone touchée. On s'intéressera plus particulièrement au crabe des neiges, au homard, à la crevette nordique et au maquereau. L'étendue et la durée de l'échantillonnage dépendront du scénario de déversement. Le programme se poursuivra jusqu'aux printemps de 1997 et de 1998. Le MPO et EC ont recommandé l'utilisation de la norme des 2 mg/kg pour la consommation de produits de la mer, afin de garantir la qualité marchande des produits de cette région.



8. CONCLUSIONS

L'évaluation approfondie du MPO et de EC concernant l'*Irving Whale* et la présence à son bord d'un fluide de chauffage contenant des BPC se fonde sur les données scientifiques actuelles, l'analyse de la méthode proposée, les avis d'experts, l'évaluation des ressources menacées, et la probabilité d'effets néfastes sur ces dernières. En ce qui concerne l'opération telle qu'elle est proposée, planifiée et conçue, le MPO et EC ont déterminé que le risque prévu est acceptable et que toutes les incidences, tant environnementales que socio-économiques, que pourrait avoir un déversement pendant l'opération sont minimales.

On estime que les plans de mesures d'urgence, tels qu'ils sont conçus, permettent de gérer tout déversement en cours d'opération et de parer à toute éventualité. Ils prévoient, en effet, les facteurs de sécurité d'ordre technique, la technologie adaptée et les ports de refuge, ainsi que les protocoles de gestion, l'utilisation de caissons hyperbares et la présence d'un personnel médical en attente pour la sécurité des plongeurs. Ces mesures garantissent un haut niveau de sécurité et de protection pour tous les scénarios plausibles qui pourraient se produire.

Il n'est pas exclu que, dans les cas de pire éventualité ou de déversements majeurs, il pourrait y avoir des incidences importantes, réelles ou perçues, sur certaines ressources environnementales et socio-économiques du Golfe, qui pourraient même entraîner une réglementation provisoire des champs de pêche situés autour de l'emplacement de l'*Irving Whale*, ou de la consommation de produits de cette zone. Ces mesures auraient évidemment des conséquences d'ordre environnemental et socio-économique.

Un dispositif de mesure des contraintes sera installé sur la coque de l'*Irving Whale*. Si les contraintes exercées sur la coque dépassent les tolérances établies, l'opération de renflouage sera suspendue afin qu'on évalue la situation. Elle ne reprendra que si on juge cela possible. S'il est impossible de remédier à la situation, il sera mis fin à l'opération et l'*Irving Whale* sera redescendu sur le fond de mer. On évitera ainsi toute incidence importante.

Le MPO et EC estiment que toutes les mesures de sécurité qui s'imposent ont été prises, et que l'on peut mettre en oeuvre le projet, tel qu'il est proposé, rapidement et en toute sécurité.

En ne procédant pas à la récupération et à l'enlèvement de l'*Irving Whale*, nous pouvons être certains que tous les BPC et toutes les autres substances à son bord finiront, avec le temps, par s'infiltrer dans le milieu marin. Bien que le mazout et les BPC aient fait l'objet d'une



évaluation distincte, il a été tenu plus particulièrement compte du fait que, à l'heure actuelle, ces deux substances se trouvent à bord de *l'Irving Whale*. Il existe suffisamment d'arguments à l'appui, dans les deux évaluations, pour éliminer le plus rapidement possible cette menace pour l'environnement. En conséquence, de l'avis du MPO et d'EC, les incidences environnementales de la récupération de *l'Irving Whale*, compte tenu de la présence de BPC, sont minimales ou peuvent être atténuées par des moyens techniques connus.



ANNEXES

- Annexe A - Examen technique BPC à bord du Irving whale, Searle and Associates, 1996.
- Annexe B - Analyse de la contrainte de flexion : Herbert Engineering, 1996.,
- Annexe C - Conséquences potentielles d'un déversement de BPC provenant de la barge Irving Whale sur le milieu marin du golfe du Saint-Laurent, Direction des Sciences du MPO, 1996.
- Annexe D - Évaluation économique des opérations liées à la récupération de la barge Irving Whale avec une attention particulière au déversement des BPC, Sawyer Environmental Consulting, 1996.
- Annexe E - Letter to Canadian Coast Guard, Atlantic Towing Ltd., December 8 1994.
- Letter to Nova Scotia Environment, Atlantic Towing Ltd., August 15, 1995.
- Memorandum - Irving Whale Disposal of Specified Waste, Nova Scotia Department of the Environment, February 22, 1996.
- Annexe F - Climatologie des vents et de l'état de la mer: Direction de l'environnement atmosphérique, EC, janvier 1996.
- Annexe G - Réunions d'établissement de la portée des incidences du projet de récupération de l'Irving Whale, 10-19 janvier 1996.



RÉFÉRENCES

ACGIH. 1991. Documentation of Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Indices (BEI). American Conference of Governmental and Industrial Hygienists Inc., Cincinnati, OH.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1989. Toxicology profile for selected PCBs (Aroclor -1260, -1254, -1248, -1242, -1232, -1221, and -1016). U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.

Beanlands, G.E. and P.N. Duinker. 1983. Un cadre écologique pour l'évaluation graphique au Canada. Institute for Resources and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, in cooperation with the Federal Environmental Assessment Review Office.

CanTox Inc. 1994. Interpretive Review of the Potential Adverse Effects of Chlorinated Organic Chemicals on Human Health and the Environment: Report of an Expert Panel. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 20(1) (Part 2), 1055 pages.

Dewailly, E., A. Nantel, Jean-P. Weber and F. Meyer. 1989. High levels of PCBs in breast milk of Inuit women from arctic Québec. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 43:641-646.

Environment Canada. 1992. Guidelines for Conducting Ecological Risk Assessments for Priority Substances Under the Canadian Environmental Protection Act. Chemical Evaluation Division, Commercial Chemicals Branch, Environment Canada.

Environment Canada. 1994. A Framework for Ecological Risk Assessment at Contaminated Sites in Canada: Review and Recommendations. Minister of Supply and Services, Ottawa, (Ont).

Giesey, J.P., J.P. Ludwig and D.E. Tillitt. 1994. Deformities in birds of the Great Lakes Region: Assigning Causality. Environmental Science and Technology, 28:128-135.

Santé Canada. 1990. Gestion des risques à la Direction générale de la protection de la santé, Ottawa (Ont.)



Santé Canada. 1994. L'évaluation du risque sur la santé humaine des substances d'intérêt prioritaires

Environmental Protection Service. 1979. Environmental Atlas of the Southern Gulf. Marine Environment Branch. Atlantic Canada.

Environment Canada. 1994. Overview of Environmental Information Relating to the Irving Whale.

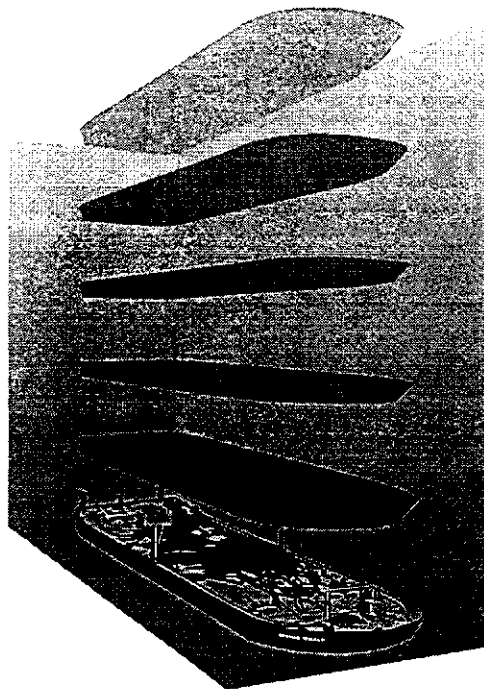
Strain, P.M. (Ed.). 1988. Océanographie chimique dans le Golfe du Saint-Laurent, Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 220: 190p.

CEF Consultants Ltd. Environmental Risk Assessment of Irving Whale Salvage Options. 1992.

Eaton, B.P., A.G. Gray, P.W. Johnson and Eric Hundert. 1994. State of the Environment in the Atlantic Region. Environment Canada, Atlantic Region.



ANNEXE A



**EXAMEN TECHNIQUE: BPC À BORD DU
IRVING WHALE
SEARLE AND ASSOCIATES, 1996**

Searle and Associates, Ltd

INTERNATIONAL MARITIME CONSULTANTS

EXAMEN TECHNIQUE

BPC À BORD DU *IRVING WHALE*

**2121 Eisenhower Avenue, Suite 210
Alexandria, Virginie 22314-4688 USA
Téléphone : (703) 549-7775 Télécopieur : (703) 684-3620**

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

Searle and Associates, Limited (S&A) soumet cette «EXAMEN TECHNIQUE SUR LA PRÉSENCE DE BPC À BORD DU *IRVING WHALE*» au gouvernement canadien conformément aux clauses du contrat n^o T8080-5-6666, daté du 1^{er} février 1996.

Les commentaires, analyses et recommandations contenus dans la présente sont valides pour une année et seront considérés non valides à la fin du jour ouvrable, le 31 janvier 1997.

Tous les membres de Searle and Associates, y compris les dirigeants, les associés et les sous-traitants qui ont participé à la recherche, à la préparation et à la soumission de ce rapport, ne pourront être tenus responsables pour toute pollution environnementale ou lésion corporelle pouvant se produire au cours des opérations de sauvetage ultérieures sur le *Irving Whale*.

Table des matières

Page couverture
Dénégation de responsabilité
Table des matières
Liste des tableaux
Liste des annexes
Avertissement
Sommaire exécutif
Introduction
Opérations de sauvetage
Système de chauffage de la cargaison

Tableaux (1-11)

Annexe A

Annexe B

Annexe C

Annexe D

Renvois

Bibliographie

LISTE DES TABLEAUX

1. Séquence des activités de renflouage du *Irving Whale*
2. Barge *Chesapeake 1000 (Shearleg)* équipée d'une grue
3. Barge de renflouage *Marmac (Truss)*
4. Dessin d'un dispositif de mesure de la déflexion de la coque
5. Système de chauffage de la cargaison du *Irving Whale*
6. Fonctionnement de base du système de chauffage de la cargaison
7. Schéma de la tuyauterie du système de chauffage de la cargaison du *Irving Whale*
8. Emplacement du liquide de chauffage dans le système de chauffage de la cargaison
9. Renforcement de la cloison du bouchain de la salle des machines
10. Ouverture d'avant-train dans le renforcement de la cloison centrale de la salle des machines
11. Dessin d'une pompe à vide de liquide de chauffage

LISTE DES ANNEXES

- A. «Une bombe à retardement dans la Tamise», *The London Sunday Times*, 27 août 1978
- B. Searle and Associates, Ltd., Notes biographiques des membres de l'équipe
- C. «Attributions», Examen technique de la présence de BPC sur la barge *Irving Whale*, MPO et MDE, 8 janvier 1996
- D. Proposition pour l'élimination des BPC, DONJON Marine Co.

AVERTISSEMENT

Certains pourraient trouver inusité de présenter un «avertissement» dans un rapport technique comme celui-ci. Néanmoins, m'inspirant de l'inquiétude présente aux Nations Unies et ailleurs au sein d'agences internationales face à la menace de catastrophes majeures potentielles résultant d'une intervention humaine¹, je prendrai cette liberté.

Je pense qu'il n'est pas nécessaire de vous présenter, à vous Canadiens, et particulièrement à ceux de la région de Halifax, l'abc des risques d'accidents explosifs dans les chenaux de votre port. La célèbre catastrophe de la Première Guerre mondiale est demeurée sans doute un événement très tangible. De même, et aussi pendant la Première Guerre, l'explosion qui a détruit complètement les installations de chargement de munitions à Hoboken et la rive opposée du fleuve Hudson est restée vive dans notre mémoire. Dans le second accident, la dispersion des explosifs était telle que le seul expédient fut de renoncer à l'utilisation de cette partie du port. Cela s'est produit au cours de la Première Guerre et ce n'est qu'au début des années 1970 que le secteur Black Tom fut recouvert et transformé en ravissant parc national. Vous pouvez être assurés que cette affaire a coûté très cher et a traîné devant les tribunaux pendant des années et des années.

La question que j'aborderai est la similarité entre le cas du *Irving Whale* et «La bombe à retardement de la Tamise» (voir annexe A). Le *Richard Montgomery* s'est englouti dans l'estuaire de la Tamise le long des lignes de «ferry-boats» qui traversent le fleuve dans East Anglia. Le navire est chargé de munitions. Les plongeurs de l'EOD de la Royal Navy font un exercice de routine qu'ils exécutent à tous les deux ou trois ans pour aller sur le terrain, examiner le navire et faire rapport sur son état. Son état ne peut qu'empirer. La coque continue de s'éroder et les tests de forage, s'ils étaient faits, indiqueraient certainement qu'il est temps de faire quelque chose avec l'épave. Concomitamment à toute cette question de savoir quoi faire avec l'épave, les mouvements de population vers le rivage semblent constituer un jeu dangereux avec ce navire menaçant. Comme la petite entreprise et les zones résidentielles qui ont envahi toutes les terres autour de l'aéroport de Dulles et des aéroports de New York afin de profiter de la proximité et des taux de croissance, la même situation est à craindre dans la région inférieure de la Tamise. La photographie d'un gros paquebot japonais passant tout près du *Montgomery* confirme mon propos. Avec de l'amiante en abondance et des risques d'explosion de la première importance, le *Montgomery* constitue une menace à tout point de vue.

Tout comme le *Irving Whale*, le *Montgomery* constitue, dans le temps, une possibilité critique de pollution. Le danger de pollution avec le *Richard Montgomery* ne peut conduire qu'à une seule conclusion : l'épave et la menace qu'elle représente doivent disparaître et vite. Il est probablement un peu tard à présent, après 52 ans, pour espérer n'avoir qu'à débarder le navire. La coque du navire (bien qu'il n'existe aucun rapport concernant un programme de tests de forage) sera pleine de brèches. J'ai une série de clichés que j'ai pris lors d'une opération de sauvetage en Arabie saoudite, il y a quelque dix ou quinze ans, montrant le cimetière de pèlerins de La Mecque. Le signe distinctif de tous ces navires éventrés c'est que la ligne de flottaison est complètement disparue. Le blindage tout le long de leur ligne de flottaison ressemble à du gruyère. C'est ce qui arrivera au *Richard Montgomery* et, éventuellement, au *Irving Whale*.

Je vous assure que le milieu du sauvetage n'a qu'un seul objectif et c'est de débarrasser totalement le fond de la mer du *Irving Whale* et de son empreinte vieille de 25 ans. Le *Montgomery* est à la vue des passagers du ferry et de tous ceux qui naviguent dans ce secteur. Il pourrait être soustrait à la vue de la plupart des gens qui habitent dans l'estuaire de la Tamise, mais qu'arriverait-il de leurs expéditions de pêche en été? Les problèmes associés au *Richard Montgomery* ne sont pas tellement différents de ceux du *Irving Whale*. Je dirais qu'ils sont presque identiques. Les sauveteurs, qui doivent éventuellement retirer l'une ou l'autre des épaves, sont solidaires en affirmant que nous devrions essayer de renflouer l'épave dans son état actuel sans tenter de la «rafistoler» ou de l'évaluer. Le *Irving Whale*, il me semble, reçoit trop d'attention de nature technique. Ce que ce rapport dit, c'est que nous, une équipe de sauveteurs assez qualifiés – avec l'apport technique de nos confrères – concluons que le navire doit être renfloué immédiatement et que tous les efforts doivent être mis en oeuvre pour ne pas remuer la cargaison ou le liquide du système de chauffage. Nous devons concentrer les efforts à préserver ce que l'on a entre les mains et à enlever ça de là contre vents et marées. Et vite. Il faudra ensuite retourner sur le site et enlever toute trace de sa présence.

L'autre option, c'est de regarder en aval, vers les années à venir, alors que le *Irving Whale* croupira toujours au fond, tout comme le *Richard Montgomery* demeure enlisé au beau milieu de la Tamise.

16 février 1996

W. F. Searle Jr.
Alexandria, Virginie

SOMMAIRE EXÉCUTIF

1. Contexte

En janvier 1996, le gouvernement canadien a demandé à Searle & Associates, Ltd., d'Alexandrie en Virginie, de procéder à un examen technique des opérations de récupération prévues de la barge *Irving Whale*, qui a sombré dans le golfe Saint-Laurent en 1970. L'examen consistait à porter une attention particulière à la présence de biphényles polychlorés (BPC) dans le système de chauffage de la cargaison. La possibilité que 1 480 gallons de Therminol FR-1, le liquide du système de chauffage, soient présents à bord, a donné lieu à une inquiétude quant aux dangers potentiels pour l'environnement ainsi que pour le personnel assigné aux opérations dans l'éventualité d'un déversement de ce liquide pendant les opérations de sauvetage.

2. Examen

2.1 Searle & Associates (S&A) a rassemblé une équipe de onze experts chevronnés en sauvetage maritime, en sécurité et en environnement pour procéder à l'examen (voir annexe B). Cet examen s'est fait avec la participation de représentants du gouvernement canadien et de l'entreprise de sauvetage (DONJON Marine Co, Inc.) pendant la période du 31 janvier 1996 au 3 février 1996.

2.2 L'examen a été effectué dans le cadre des attributions établies par le gouvernement canadien (voir annexe C). Tous les membres de l'équipe de S&A ont confirmé par écrit qu'ils n'avaient été associés à aucun entrepreneur en sauvetage participant au projet du *Irving Whale* ou à tout groupe environnemental depuis 1991 (une date arbitraire spécifiée par le gouvernement canadien).

2.3 En bref, le *Irving Whale* repose au fond de la mer à quelque 200 pieds de la surface en un lieu situé approximativement à mi-chemin entre l'Île-du-Prince-Édouard et les Îles-de-la-Madeleine. Avant les efforts de sauvetage, la barge a été inspectée et on constata que sa quille reposait d'aplomb sur le fond de mer. Il s'est produit quelques déversements de la cargaison de mazout de type Bunker «C» et du liquide présent dans le système de chauffage de la cargaison.

2.4 Le plan de sauvetage initial prévoyait, une fois que des inspections sur le site aient permis de vérifier l'état de la structure de la barge, l'installation transversale de câbles d'acier près de la proue et de la poupe de la coque. La coque serait ensuite remontée à la surface en maintenant le fond de la barge submergé. Une barge de transport submersible norvégienne, le *GRIMSTAD-UR 161*, serait alors lestée et positionnée sous la coque de la barge. Le *GRIMSTAD-UR 161* serait ensuite délesté pour atteindre son tirant d'eau opérationnel, soulevant ainsi la barge hors de l'eau. Après avoir dégagé son appareil de renflouage, immobilisé la barge à bord du navire et retiré le liquide contaminé sur le pont du *GRIMSTAD-UR 161*, le *Irving Whale* serait transporté jusqu'au port de Halifax, en Nouvelle-Écosse. Le tableau 1 illustre le déroulement de cette opération.

2.5 Une préoccupation majeure relativement au sauvetage du *Irving Whale* est liée à la présence d'un liquide de chauffage de la cargaison contenant des BPC, à la possibilité de son déversement pendant les opérations de sauvetage et à son impact sur l'environnement du golfe du Saint-Laurent. Conformément aux attributions, après un examen du plan de sauvetage proposé, les principaux efforts de l'équipe ont été dirigés sur le système de chauffage de la cargaison. L'équipe a examiné toutes les données liées aux BPC, plusieurs évaluations environnementales initiales publiées, un document scientifique préliminaire de Pêches et Océans Canada daté de janvier 1996, les données colligées au cours d'opérations de nettoyage depuis le naufrage de 1970 et du matériel provenant des dossiers des membres de l'équipe. Un examen détaillé du système de chauffage indiquait que les composantes en acier du système ne devaient pas être remuées pendant les opérations de sauvetage sauf si cela s'avérait absolument nécessaire après mûre réflexion.

2.6 Quoique les BPC soient homologués comme matières dangereuses et cancérigènes, le principal danger que constituent ces matières pour les humains vient de la consommation de poissons et de fruits de mer ou de la contamination de l'air. Les risques pour l'équipe de surface sont minimaux, à moins qu'il y ait un déversement massif à la surface. Pendant les opérations sous-marines, les plongeurs ne seront exposés à des risques substantiels que si leurs combinaisons de saturation entrent en contact avec le Therminol FR-1, soit le liquide de chauffage. Les BPC présents dans ce liquide, connus sous la marque d'AROCOLOR 1242, sont reconnus pour s'attaquer chimiquement à la plupart des plastiques, au caoutchouc et aux revêtements de résine.² Ce processus est plus pénétrant car le Therminol FR-1 est composé de 20 pour cent de chlorobenzènes, un solvant plus léger ajouté au liquide de chauffage. L'autre risque pour les plongeurs consiste à retourner dans la cloche de plongée avec une combinaison contaminée, introduisant ainsi des BPC dans l'atmosphère de la cloche.

3. Résultats de l'examen

3.1 Notre examen a déterminé que l'opération de sauvetage, telle que planifiée, est réalisable et peut être effectuée sans dommage à l'environnement ou danger pour le personnel engagé dans son exécution. De manière à accroître le niveau présentement acceptable de sécurité et de protection de l'environnement, l'équipe de S&A a formulé des recommandations précises, notamment :

A. La gestion

A.1 Les échelons d'autorité et de responsabilité pour la conduite des opérations devraient être clairement établis par écrit avant le début de opérations.

A.2 Tout le personnel technique devrait se livrer à un examen conjoint et à une simulation sur maquette de chacune des étapes prévues dans le processus de sauvetage et ce, avant les véritables opérations. Cet exercice devrait comprendre une démonstration d'accrochage et une simulation de chargement sur une maquette à une échelle d'au moins 50 pour cent, et préférablement grandeur nature, mais pas en ce qui trait aux poids. Aux fins de l'opération, l'efficacité du système qui assure le chargement horizontal en particulier et, plus précisément, le dispositif des cales de protection, devraient être testés pour le chargement prévu à cette étape.

A.3 Autant pendant la simulation qu'au cours des opérations réelles, il est axiomatique qu'aucune modification ne soit apportée aux procédures prévues. Après discussion pertinente et consensus sur chacune des modifications de cette nature, une rectification écrite sera préparée et distribuée. Il est important pour le personnel travaillant sur le terrain que tous les participants appuient entièrement cette procédure.

B. L'organisation

B.1 Les manoeuvres de plongée requises sont diverses et complexes. Une attention particulière devrait être portée sur l'utilisation de deux équipes de plongée distinctes; l'une d'elles formée de gréeurs de sauvetage aguerris sur le terrain et l'autre de plongeurs environnementaux de formation scientifique. Il serait profitable d'étudier la désignation de deux superviseurs de plongée distincts sous les ordres d'un maître sauveteur, et l'élaboration de listes de tâches précises et de calendriers coordonnés des opérations.

C. La planification technique

C.1 L'information actuellement disponible sur l'état du site, la structure de la barge et l'équipement installé, la cargaison de mazout et le système de chauffage devrait être vérifiée et mise à jour par le personnel sur place.

C.2 L'équipement prévu (pour la plongée, le gréement, les tests, l'analyse chimique, les premiers soins, le transport, la manutention, etc.) devrait être testé en tenant compte des données récentes sur l'état du site, de la barge, de la cargaison et du système de chauffage.

C.3 En plus d'avoir la capacité de levage nécessaire, le navire de renflouage doit être équipé de batardeaux à même de contenir le déversement potentiel de la cargaison du *Irving Whale* quand il sera hissé hors de l'eau.

D. Les opérations de sauvetage

D.1 Le *Irving Whale* devrait être soulevé avec sa cargaison à bord, transporté en un lieu désigné, déchargé et décontaminé. L'opération de sauvetage ne devrait pas être différée. Elle devrait plutôt être complétée de sorte que les plongeurs puissent retourner sur le site et commencer à nettoyer toutes les matières polluantes récupérables.

D.2 Deux membres de l'équipe de S&A, Thurman et Kunz, ont inspecté les mécanismes de levage et les cales de protection dans les installations de l'entreprise de sauvetage au New Jersey. Tenant compte de quelques préoccupations, l'entreprise de sauvetage a travaillé avec l'équipe pour améliorer la conception, ce qui a renforcé la confiance de l'équipe quant au succès des opérations.

D.3 Une inquiétude a été formulée relativement à l'emplacement de l'élingue de renflouement arrière, sous le cadre no 3, où est située la cloison avant de la salle des machines, le site présumé de la majeure partie du liquide du système de chauffage ayant pu se déverser. L'argumentation judicieuse de l'entreprise de sauvetage, ajoutée à la confiance de l'équipe dans le dispositif des cales de protection, a atténué cette inquiétude.

D.4 Une question a été soulevée relativement à l'utilisation de seulement deux élingues de renflouage (à la poupe et à la proue), plutôt que quatre ou plus réparties le long de la coque. Après discussions, l'équipe s'est ralliée au fait que deux élingues améliorent le

contrôle en balançant (égalisant) les poids du dispositif de renflouage et en réduisant les variables. Un facteur inhabituellement élevé de sécurité a également rehaussé la confiance de l'équipe dans la proposition de l'entreprise de sauvetage.

D.5 L'une des étapes les plus critiques du processus de sauvetage consistera à déterminer s'il se produit une déviation de la coque quand le *Irving Whale* sera initialement dégagé du fond de la mer. Il faudrait installer, avant le renflouage, un dispositif surveillé par le véhicule télécommandé pour déterminer toute déviation initiale de la coque. Lors de la planification finale, le gouvernement canadien et l'entreprise de sauvetage devraient s'entendre sur la limite maximale de déflexion de la coque (étayée par des données d'ingénierie). Si cette limite est atteinte pendant la première étape du renflouage, la barge devrait être replacée sur le fond et une nouvelle évaluation devra être effectuée afin d'établir le nombre de points d'ancrage nécessaires pour les élingues de renflouage.

D.6 Il s'est passé cinq ans depuis les derniers tests effectués sur l'interface cargaison de mazout et eau de mer au niveau des réservoirs. Des lectures préalables pourraient être revérifiées en utilisant, par exemple, l'équipement de tests radioactifs employé pendant l'opération *Ocean Ranger*. Les données confirmeront les pourcentages de chacun des liquides dans chacun des réservoirs. L'évaluation environnementale initiale devrait étudier cette option plus à fond.

D.7 Au cours d'une simulation, l'emplacement des ancres, des chaînes et des câbles doit être analysé pour chacune des étapes de l'opération de sauvetage afin d'identifier et de rectifier tout problème éventuel d'obstruction ou d'enchevêtrement lors du renflouage.

E. Les précautions quant aux BPC

E.1 Avant les opérations de sauvetage, une inspection minutieuse et détaillée des environs de la coque de la poupe et du système de tuyauterie de la conduite principale est requise.

E.2 Des échantillons de sédiments devraient être prélevés sous la déclivité de la poupe près des cadres no 3 et no 5. Ils devraient être analysés pour vérifier la présence de BPC.

E.3 Des échantillons devraient être prélevés dans les bouchains de la salle des machines et de la salle des pompes pour être analysés.

E.4 L'équipe de S&A ne recommande pas de soumettre à des tests d'aspiration ou de pression le dessus de la tuyauterie du système de chauffage de la cargaison pour évaluer son intégrité. Si l'inspection visuelle permet d'identifier une zone douteuse, toutes les autres solutions, y compris le colmatage de ces zones, devraient être étudiées avant d'appliquer une pression ou une aspiration sur le système de tuyauterie.

E.5 L'équipe est arrivée à la conclusion que la concentration la plus importante de liquide de chauffage est probablement située dans les bouchains de la salle des machines. En l'absence de toute brèche dans la coque au fond de ces espaces de machinerie, le liquide sera contenu pendant tout le processus de renflouage.

E.6 Des balises sonores et des marqueurs devraient être disposés sur le fond de mer pour délimiter l'empreinte de la barge. Après un renflouage réussi, les plongeurs pourront y retourner pour commencer le nettoyage requis par le séjour de 25 ans de la barge.

E.7 Étant donné que le Therminol FR-1 peut s'avérer dangereux pour les combinaisons des plongeurs, des mesures spéciales seront nécessaires pour pallier ce problème si les plongeurs doivent effectuer une évaluation ou des manoeuvres de transfert impliquant une exposition au liquide de chauffage.

E.8 Afin de parer à tout accident imprévisible, des mesures appropriées d'intervention et de récupération devraient être mises en place au préalable afin de minimiser aussi rapidement que possible toute conséquence préjudiciable.

4. Sommaire

4.1 L'examen a convaincu l'équipe de S&A que le sauvetage par renflouage du *Irving Whale* dans son état actuel est la meilleure option possible. De plus, si les recommandations énoncées ci-dessus, et examinées plus à fond au coeur de ce rapport, sont mises en application, l'entreprise de sauvetage devrait être en mesure de compléter le sauvetage de la barge sans risque indu pour la sécurité des humains et de l'environnement.

4.2 Le coeur de ce rapport présente des recommandations plus détaillées de même que les échanges se rapportant au processus d'examen et aux points qui y sont étudiés.

INTRODUCTION

5. Vue d'ensemble

5.1 Selon l'information fournie par le gouvernement canadien, la barge *Irving Whale* a coulé à 220 pieds de profondeur le 7 septembre 1970, à mi-chemin environ entre l'Île-du-Prince-Édouard et les Îles-de-la-Madeleine. Le navire a coulé par la poupe et s'est retrouvé d'aplomb sur le fond marin.

5.2 Au moment de l'accident, la barge transportait une cargaison de 4 200 tonnes métriques de mazout numéro 6, ou de type Bunker «C», un produit résiduel du pétrole. Une certaine quantité de la cargaison s'est initialement déversée de la barge, puis ce déversement s'est poursuivi à un débit très faible à partir de trois des seize événements de réservoirs et ce, malgré les couvercles installés sur les événements.

6. Rétrospective

6.1 Au cours d'une inspection faite par des plongeurs en 1990, des mesures physiques ont déterminé que plus de 3 100 tonnes métriques de Bunker «C» demeuraient à bord de la barge dans ses huit réservoirs de cargaison. Les mesures d'épaisseur du blindage de la coque montrait très peu de détérioration, ou de perte, comparativement à l'épaisseur originale. Cette donnée, combinée à des extraits vidéo provenant de plusieurs opérations de plongée et ne révélant aucun dommage structurel majeur, vient appuyer l'opinion que la structure de la barge est en très bon état.

6.2 En mars 1994, le gouvernement canadien a annoncé qu'il étudiait une proposition de renflouage et de transport du *Irving Whale* à Mulgrave, en Nouvelle-Écosse, et de débardage de sa cargaison de 3 100 tonnes métriques de mazout de type Bunker «C». Une évaluation environnementale initiale a été exécutée et on a conclu que les impacts environnementaux préjudiciables du projet étaient atténuables par les technologies disponibles.

6.3 Pour des raisons de logistique, il a été subséquemment décidé que la barge serait transportée à Halifax, en Nouvelle-Écosse. Cette modification à la proposition initiale a été également évaluée pour son impact environnemental et une évaluation environnementale initiale supplémentaire a été complétée en décembre 1994.

6.4 Un contrat a été établi avec DONJON/McAllister pour renflouer la barge au cours de l'été 1995 et la transporter à Halifax pour le débardage de la cargaison. Avant le début des opérations, il a été confirmé que le système de chauffage de la cargaison contenait, selon l'estimation, 1 480 gallons de liquide, composé de 80 % de biphényles polychlorés (BPC) et 20 % de chlorobenzènes. Des échantillons de sédiments prélevés lors d'opérations de plongée précédentes ont été analysés et ont confirmé la présence de contamination au BPC de petits secteurs directement adjacents à la barge (10-890 ug/g).

6.5 Une autre évaluation environnementale initiale complémentaire a été effectuée pour la récupération de la barge avec les BPC à bord. Cette dernière a permis de conclure que les BPC pouvaient être remontés avec le navire et traités de manière acceptable pour l'environnement en ayant recours aux technologies connues. L'opération de récupération a débuté le 18 juillet 1995. Cependant, un tribunal fédéral canadien a accordé une injonction pour arrêter l'opération le 21 août 1995. Cela a effectivement mis fin à toutes les activités pour récupérer la barge en 1995.

6.6 Le gouvernement canadien a décidé de procéder à une nouvelle évaluation qui comprendrait un nouvel examen du projet de récupération en tenant compte de la présence de BPC. Cette nouvelle évaluation tenterait d'établir si d'autres mesures palliatives devraient être prises, relativement aux BPC à bord, initialement ou concurremment à l'effort de récupération. Pour compléter cette évaluation, et compte tenu de la présence de BPC sur la barge, il a été décidé qu'un examen technique de l'opération de récupération était requis conformément aux attributions.

6.7 Pendant le mois de janvier 1996, une recherche a été menée par le gouvernement canadien afin de trouver un consultant qualifié pour procéder à l'examen requis. Conséquemment, Searle & Associates, Ltd. (S&A), d'Alexandria en Virginie (États-Unis), a été choisi et mandaté (verbalement) le 22 janvier 1996 pour lancer les travaux. L'équipe de S&A est formée principalement de personnel technique à la retraite, de la marine, de la garde côtière et de la fonction publique fédérale des États-Unis, qui sont des consultants indépendants dans leurs diverses spécialités. L'équipe (identifiée à l'annexe B) a été

sélectionnée à partir du répertoire de l'entreprise. Ils ont tous reçu copie des attributions, ont été requis de colliger toute la documentation pertinente et ont reçu directive de se préparer pour une session de groupe intensive d'analyse devant se dérouler du 31 janvier au 3 février 1996.

6.8 Le reste de ce rapport présente les résultats de la rencontre du groupe d'analyse et les évaluations et recommandations qui en résultent.

LES OPÉRATIONS DE SAUVETAGE

7. Vue d'ensemble

7.1 La préoccupation environnementale principale est l'impact de tout déversement de BPC pendant l'opération de sauvetage et le transport de la barge vers le port désigné. Les ramifications environnementales d'un déversement de la cargaison de mazout de type Bunker «C» ont été abordées par une évaluation environnementale initiale et préalable. L'équipe a examiné les opérations de sauvetage et en a discuté en termes à la fois de séquence des événements et de l'équipement proposé et ce, dans un contexte visant à minimiser la possibilité d'accidents ou de déversements de BPC.

8. Conduite des opérations (Gestion)

8.1 Structure de gestion : La gestion des opérations est de la première importance. En dépit de l'assertion usuelle voulant qu'un sauvetage est par nature une opération *ad hoc*, on ne peut se permettre que la supervision, la gestion et les relations de travail achoppent pendant l'opération. Les responsabilités, les pouvoirs décisionnels et les chaînes de commandement ou la supervision doivent être clairement établis à l'avance et acceptés par toutes les parties. Les modifications de nature *ad hoc* trahissent généralement une planification inadéquate et résultent souvent en aventures risquées. Les modifications *ad hoc* apportées avant que l'opération débute ne sont pas réellement *ad hoc* puisqu'elles découlent de l'ingénierie de pointe. Bien que des modifications peuvent s'avérer nécessaires pendant le déroulement de l'opération, elles ne doivent pas résulter de décisions unilatérales. Elles ne doivent être apportées qu'après avoir obtenu le consensus de tous les intervenants.

8.2 Études et planification préopérationnelles : Le monde sous-marin est rarement totalement statique. Pour cette raison, et vu les délais occasionnés par une refonte du calendrier des opérations ou l'obtention de données supplémentaires, les études et plans préalables doivent être passés à la loupe. Voilà une entreprise au cours de laquelle la simulation peut révéler le besoin d'études ou de planification complémentaires. Dans le cadre de ce projet, on peut se demander : «Quel est l'état du fond de mer actuellement?» ; ou encore : «Est-il apparu des brèches dans la coque suite à une collision avec des dépôts erratiques ou autres débris sur le fond marin?». À titre d'exemple, les plans d'opération de

l'entreprise de sauvetage prévoit un arrêt pour inspecter la surface inférieure de la coque avec un véhicule téléguidé une fois que la barge aura été soulevée de 10 à 12 pieds. L'équipe voit cet arrêt comme un ajout avisé et souhaitable.

8.3 Il est aussi avisé de vérifier les études précédentes et de recalculer ou revoir les calculs précédents. Pour cette raison, l'équipe juge utile de revérifier les résultats de l'examen précédent de l'interface cargaison et eau de mer pour chacun des réservoirs. En effet, étant donné que cinq années se sont écoulées depuis les dernières mesures, cette vérification fournira une marge de garantie additionnelle quant aux poids réels avant le renflouage.

8.4 Ingénierie : L'ingénierie du sauvetage n'est pas dispensée de la nécessité d'avoir une approche de «travail d'équipe». Les meilleurs ingénieurs peuvent tirer profit à voir leurs travaux révisés et discutés par les autres. Ces travaux ne comprennent pas seulement les calculs de poids, les centres de gravité, les plans de gréage, les calendriers d'opération et les procédures spéciales. Ils comprennent également la spécification des compétences de l'équipe et de l'équipement nécessaire : l'équipement standard, par exemple, peut ne pas convenir pour la manutention de présumés produits toxiques ou dangereux. Un cas nous l'a déjà démontré : Au cours d'un projet de déplacement d'une barge, il y a plusieurs années, un plongeur qui exécutait une plongée en eau peu profonde a été exposé au benzène. Ce produit chimique a rapidement désintégré les élingues de caoutchouc de son masque ainsi que d'autres parties de son équipement. Il a pu remonter à la surface en retenant son masque avec ses mains, ce qui aurait été impossible s'il avait été en eau beaucoup plus profonde. Notre examen des BPC a révélé des préoccupations similaires si des parties de l'équipement des plongeurs devaient entrer en contact avec du Therminol FR-1. L'examen des opérations effectué par l'équipe n'a identifié aucune défaillance de l'équipement de plongée ou inquiétude de cet ordre se rapportant aux opérations de routine.

8.5 Les plans et procédures de travail doivent être traités de la même manière qu'énoncée ci-dessus pour les activités de gestion. Aucune activité ou procédure planifiée ne devrait être modifiée unilatéralement. Chaque jour devrait comporter des révisions de planification pour lesquelles le consensus est atteint, enregistré et distribué à tous les effectifs engagés dans les opérations.

8.6 Planification des opérations et mobilisation de l'équipement : Ici encore, la simulation ou la spéculation préopérationnelles peuvent être très précieuses pour garantir la

disponibilité de l'équipement adéquat au moment approprié. Ces plans devraient comprendre des procédures pour l'utilisation de l'équipement et la décontamination du personnel.

9. Navires en surface et dispositif de plongée

9.1 Navires en surface : Des barges avec grue sont nécessaires pour soulever l'épave ainsi qu'un navire de transport pour l'emporter vers le port désigné. Les barges équipées de grue que l'entreprise de sauvetage prévoit utiliser sont le *Chesapeake 1000* (Shearleg), d'une capacité de 1 000 tonnes, ainsi que le DONJON, une barge de renflouage renforcée d'une capacité de 1 500 tonnes (voir tableaux 2 et 3). Les deux navires ont démontré leur efficacité lors de nombreuses opérations en mer et disposent de plus de deux fois la capacité requise pour renflouer le *Irving Whale*. Plusieurs membres de l'équipe de S&A connaissent les capacités de ces deux navires, ayant participé à leurs acquisitions et spécifications initiales.

9.2 Quand le *Irving Whale* sera remontée près de la surface ou à la surface, un navire de transport submersible sera positionné en dessous. Ce navire sera délesté pour effectuer le levage (soulevant la barge entièrement hors de l'eau) et constituera une aire de stabilité au-dessus de l'eau de même qu'une zone d'endiguement fiable et solide pour le transport vers Halifax.

9.3 Plusieurs navires de transport submersibles ont été étudiés pour ce projet. L'entreprise de sauvetage a localisé le submersible norvégien, *GRIMSTAD-UR 161*, et l'a contracté initialement en 1995. Ce navire était doté d'un pont spacieux et solide et d'un système pneumatique commandé pour le lestage et le délestage. Le navire de renflouage submersible choisi pour les opérations de 1996 devrait être également capable, avec des installations pour les batardeaux autour du pont principal, de contenir tout déversement potentiel de la cargaison de mazout du *Irving Whale*.

9.4 La disposition des amarres pour chacun des navires de renflouage et d'appui en surface représente un problème complexe. À eux seuls, les deux navires de renflouage nécessitent de multiples points d'amarrage aux abords rapprochés de l'un et l'autre et de la barge échouée. L'ajout de plates-formes de plongée et de tout navire d'endiguement pour contenir un déversement complique le plan final d'amarrage. L'exercice de simulation recommandée avant les opérations réelles doit aborder ce problème pour chacune des

étapes du processus de renflouage. La disposition des amarres sur terre s'avérerait difficile ; en haute mer avec 200 pieds et plus de câbles ou de chaînes pour chacune des ancrs, cela devient laborieux et requiert à la fois un positionnement et une vérification minutieuse avant l'exécution du renflouage.

9.5 Matériel de plongée : À cause de la profondeur et de la température ambiante de l'eau, toutes les plongées seront effectuées avec un système mixte de saturation des gaz, comprenant une cloche de plongée et une chambre de décompression à bord d'un navire. Les plongeurs seront entièrement revêtus de combinaisons étanches adaptées pour la température et la profondeur de l'eau. Les plongeurs seront appuyés par des appareils de levage et des équipements d'alimentation électrique installés en surface. Les examens du site seront faits par des véhicules télécommandés standard que l'entreprise de sauvetage a déjà utilisés à plusieurs reprises.

9.6 L'équipe de S&A a examiné le choix des équipements énumérés ci-dessus et les juge appropriés pour ce projet.

10. Les opérations de sauvetage

10.1 M. Arnold Witte, président de DONJON, et le capitaine Pierre Boisseau, ingénieur de sauvetage du DONJON, ont présenté leur plan de sauvetage, basé sur l'opération qui était prévue en 1995. Depuis que l'opération a été interrompue en août 1995, DONJON a poursuivi l'étude de leurs plans et équipement ; cependant, les documents fournis à l'équipe contenaient les données de 1995.

10.2 Renflouage de la barge : Les préoccupations principales de l'équipe quant aux opérations de sauvetage étaient axées sur la disposition et le gréage des élingues de renflouage qui seront utilisées pour soulever la barge du fond de mer jusqu'à une profondeur à laquelle elle pourra être chargée à bord du navire de transport semi-submersible. L'équipement de levage a été inspecté dans les installations de DONJON à Newark par les membres de l'équipe Thurman et Kunz et s'est avéré en très bonne condition d'utilisation.

10.3 Les experts en sauvetage de l'équipe ont mis en doute la conception des cales de protection, c'est-à-dire le matelassage et les composantes de guidage et de renforcement prévues pour consolider et protéger la coque de tout dommage causé par les élingues de

renflouage. Ce doute relevait principalement de leur installation sur la déclivité de la coque qui présentait des surfaces d'étayage en flèche pour l'élingue, ce qui pourrait générer une pression horizontale sur la puissance de levage verticale. Cette pression horizontale appliquée sur la surface interne de l'élingue est contrée par des plaques verticales (sabots) conçues pour résister à ces pressions. La hauteur de ces sabots a été jugée insuffisante.

10.4 Tant à la proue qu'à la poupe, la conception du sabot vertical exposait les élingues à des coins métalliques acérés, ce qui aurait pu désengager et endommager les composantes de l'élingue de câble tressé pendant son installation dans les cales de protection ou les balises créées par ces sabots.

10.5 L'entreprise de sauvetage a examiné les préoccupations de l'équipe et a accepté de repenser l'ensemble des cales de protection pour éliminer à la fois la pression horizontale et le risque d'avarie des élingues pendant l'installation. Un plan pour une nouvelle conception de cales de protection a été présenté à l'équipe, qui a convenu que les révisions semblaient éliminer ces problèmes à condition que quelques modifications additionnelles mineures soient effectuées. L'entreprise de sauvetage a accepté de procéder à ces modifications mineures et a soumis un nouveau design préliminaire. Ce design nécessite une mise à jour avec les modifications mineures additionnelles et une certification indépendante par un ingénieur professionnel.

10.6 Pendant l'examen des problèmes potentiels causés par les BPC, l'équipe a noté que l'élingue de renflouage à la poupe était adjacente à la cloison de la salle des machines, soit le secteur qui pourrait contenir la plus importante quantité de liquide de chauffage. Bien que l'équipe convienne qu'un raisonnement logique sanctionne le choix de cet emplacement comme point de soutien à la poupe, ils ont examiné plus à fond l'interrelation de ces deux facteurs. Après moult discussions, le consensus a été que le nouveau design du système de cales de protection, avec facteurs accrus de renforcement de structure, était digne de confiance, et que la juxtaposition de l'emplacement de l'élingue et de la cloison de la salle des machines ne causerait pas de déversement du liquide de chauffage suite à une avarie au niveau de la coque.

10.7 Des inquiétudes similaires ont été soulevées quant au choix de deux élingues de renflouage plutôt que quatre ou plus. Après quelques échanges plus approfondis entre les membres de l'équipe, il a été convenu que le choix de deux élingues seulement était judicieux. L'avantage évident de manoeuvres de contrôle simplifiées pour équilibrer ou

balancer les deux poids, la solidité apparente de la coque de la barge et la réduction du temps nécessaire à l'accrochage l'ont emporté sur les avantages potentiels liés aux poids inférieurs avec points d'ancrage multiples. En outre, la disposition actuelle à deux élingues présente des facteurs de sécurité plus élevés que ceux que l'on retrouve dans la plupart des applications à points d'ancrage multiples.

10.8 À titre d'assurance additionnelle, compte tenu de la présence de BPC, l'équipe a recommandé que le gouvernement canadien et l'entreprise de sauvetage s'entendent sur la déflexion maximale acceptable de la coque au milieu de la barge (basée sur des calculs). Si cette limite est atteinte, cela signalera un arrêt de l'opération de renflouage et le repositionnement subséquent du *Irving Whale* au fond de la mer. Il serait alors approprié de réviser le plan de renflouage. Un exemple (tracé à la main) d'un tel dispositif de mesure de déflexion de la coque apparaît au tableau 4.

Système de chauffage de la cargaison

11. Vue d'ensemble

11.1 L'objectif de cette analyse est de prévenir la pollution par les BPC du fond marin et des eaux entourant le *Irving Whale* durant les opérations de renflouement et de transport. Nous avons étudié les options et formulé nos recommandations visant à minimiser les risques pour l'environnement du golfe du Saint-Laurent. Il est important de ne pas oublier que le renflouement et l'enlèvement du *Irving Whale*, effectués de façon appropriée, ne causeront pas plus de pollution que la barge en cause actuellement en demeurant au fond du golfe.

11.2 Le liquide de transfert de chaleur utilisé à bord du *Irving Whale* porte le nom commercial de Therminol FR-1. Il est composé de 80 p. cent de biphényles polychlorés (BPC), commercialisés sous le nom d'AROCOLOR 1242, et de 20 p. cent de chlorobenzènes. Les études figurant dans la bibliographie présentent des informations plus précises sur les propriétés physiques, le comportement dans l'huile ou l'eau et les éventuelles conséquences environnementales de ces deux composants.

11.3 Au moment du naufrage, le *Irving Whale* avait en théorie 1 480 gallons impériaux de Therminol FR-1 dans son système de chauffage de la cargaison. Il est tout à fait possible qu'une quantité inconnue de ce liquide de chauffage se soit répandue dans la cargaison de mazout durant les opérations de pompage, avant le naufrage. Afin de maintenir la cargaison de mazout visqueux dans une forme liquide durant le pompage, le système de chauffage suit les voies des pompes de la cargaison, un peu à la manière de l'enveloppe de refroidissement qui entoure un moteur d'automobile. En cas de fêlure ou de brisure de l'un ou de plusieurs des assemblages des pompes de la cargaison, de faibles quantités de liquide de chauffage pourraient se mélanger à la cargaison de mazout au cours des opérations de pompage.

11.4 Des BPC ont été trouvés en forme pure dans des sédiments prélevés près de la barge, mais non dans le mazout qui s'écoule des événements des citernes. Si les BPC décelés provenaient d'une brèche dans la tuyauterie du système de chauffage, ce système doit maintenant contenir à la fois des BPC et de l'eau de mer, en fractions inconnues.

12. Système de chauffage de la cargaison

12.1 Les trois principales composantes du système de chauffage de la cargaison du *Irving Whale* sont 1) deux réservoirs de stockage, réchauffeurs et pompes dans la salle des machines ; 2) deux conduites principales, à bâbord et à tribord, pour transférer le liquide chauffé vers l'avant le long du pont principal et ensuite le retourner à la salle des machines ; et 3) des serpentins de citernes qui partent des conduites principales et passent dans chacune des huit citernes pour chauffer la cargaison.

12.2 La salle des machines contenait 400 gallons impériaux de liquide de chauffage dans deux systèmes de chauffage identiques, l'un de chaque côté de la salle des machines. La tuyauterie de la salle des pompes en contenait 16 gallons. Ces espaces rendent compte donc de 816 gallons, ou 55 p. cent de la capacité totale de liquide de chauffage du *Irving Whale*. Les figures 5 et 6 présentent en détail les composantes et la séquence opérationnelle du matériel de chauffage. Ces composantes sont trois petits réservoirs auxiliaires dans la salle des machines associés à chacun des deux systèmes de chauffage, un réservoir de séparation/reflux, un réservoir d'expansion et un réservoir d'étanchéité. Ce dernier réservoir est muni d'un évent au-dessus du pont principal.

12.3 Chaque conduite principale contenait 130 gallons de Therminol FR-1, soit un total de 260 gallons situés au-dessus du pont principal, des vannes se trouvant entre la salle des machines et les conduites principales.

12.4 Il y a un serpentin chauffant dans chacune des quatre citernes avant (plus petites) et deux serpentins dans chacune des quatre autres grandes citernes, soit 12 serpentins au total et 404 gallons de liquide de chauffage à l'intérieur des serpentins de l'ensemble des huit citernes. Les deux extrémités de chaque serpentin sont reliées aux côtés appropriés de la conduite principale au moyen de clapets obturateurs ; tous ces clapets étaient ouverts au moment du naufrage, parce que le système de chauffage fonctionnait à plein rendement.

12.5 Les systèmes de chauffage à bâbord et à tribord sont interconnectés dans la salle de machines au moyen de tuyaux collecteurs d'alimentation et de retour de 5 pouces. Comme le système de chauffage fonctionnait à plein rendement, il y avait «communication libre» entre les systèmes à bâbord et à tribord.

12.6 La figure 7 illustre le système de chauffage en boucle fermée, et la figure 8 montre la distribution normale du liquide de chauffage avant le naufrage.

13. Déterminer les sites et quantités de BPC

13.1 Alors que le système de chauffage est conçu pour contenir 1 480 gallons de Therminol FR-1, des échantillons prélevés sur le site au cours des ans indiquent qu'une partie du liquide s'est échappée du système. Dans l'hypothèse où le système aurait été endommagé au cours du naufrage, les paragraphes suivants étudient les causes possibles et les conséquences d'un bris dans chacune de ses composantes.

13.2 Au moment du naufrage en 1970, la salle des machines et la salle des pompes furent les premières à être inondées, ce qui a provoqué l'immersion de la poupe. Lorsque cela a été remarqué et que le remorqueur a ralenti, la poupe a coulé. La proue est demeurée visible pour un certain temps, puisque la longueur de la barge était supérieure à la profondeur des eaux. L'angle du *Irving Whale* a changé de plus de 60 degrés sur une période d'environ trois heures et demie, et le bâtiment s'est enfoncé graduellement jusqu'à ce que la poupe et enfin la proue se stabilisent au fond.³

13.3 Au cours du long processus de submersion, de nombreux facteurs laissent croire à une perte potentiellement catastrophique de liquide de chauffage dans la salle des machines avant que la submersion soit complète. Le contact entre les eaux froides de la mer et la machinerie très chaude aurait pu provoquer 1) des fractures de choc de la tuyauterie du système de chauffage ; 2) des fractures de choc de la jauge en Pyrex du liquide de chauffage dans les réservoirs d'expansion à bâbord et à tribord ; ou 3) des fractures de choc des serpentins de la tuyauterie dans les réchauffeurs à bâbord et à tribord. Il y a également les événements des deux réservoirs d'étanchéité dans la salle des machines. L'angle d'orientation peut avoir causé l'écoulement d'une quantité inconnue de liquide de chauffage dans ces réservoirs par ces ouvertures durant le long processus d'enfoncement. Enfin, l'angle d'orientation marqué aurait provoqué une différence de densité entre le tuyau collecteur du liquide de chauffage et la colonne d'eau de mer à l'extérieur. Cette différence de densité aurait pu permettre au liquide dans les serpentins des citernes de la proue, les citernes 1 et 2 plus précisément, et certaines parties des citernes 3 et 4, de refluer dans les conduites principales jusque dans les espaces de machinerie, à condition que le système de chauffage ait subi des dommages dans la salle des machines.

13.4 Si des dommages catastrophiques se sont produits dans la salle des machines, les deux conduites principales ont pu perdre jusqu'à 130 gallons additionnels chacune, suivant la gravité des dommages subis par les vannes dans la salle des machines, ce qui hausse le volume potentiel de liquide dans la salle des machines et la salle des pompes jusqu'à 72 p. cent du liquide total à bord. Indépendamment du fait que ces scénarios se soient réalisés, en tout ou en partie, et dans l'hypothèse où les fonds de la salle des machines et de la salle des pompes n'ont pas été endommagés, une fois que le *Irving Whale* s'est stabilisé sur le fond marin, le liquide de chauffage à l'état libre demeurerait à l'intérieur des espaces de machinerie, en raison de son insolubilité et de sa plus grande densité.

13.5 Dans l'éventualité d'un bris de l'une ou l'autre des conduites principales, jusqu'à 130 gallons de liquide de chauffage (65 gallons dans les deux sens, alimentation et retour) ont pu s'échapper dans la mer, les espaces de machinerie ou les deux. Si jamais un bris des conduites principales s'était produit après la stabilisation de la barge au fond, la densité du liquide aurait minimisé la pollution extérieure, étant donné que ces conduites sont au point le plus élevé du système de chauffage. Par le passé, les inspections visuelles, y compris lorsque des sacs ont été posés sur les événements des citernes, n'ont donné aucune indication d'un tel bris.

13.6 Un serpentin chauffant de citerne aurait pu être endommagé de deux façons. Une roche sur le fond marin aurait pu percer le fond de la barge et toucher l'un des serpentins. Il aurait fallu pour cela une pénétration d'au moins 7 pouces. Si cela s'est produit, et suivant la citerne touchée et le site de la perforation, un minimum de 33 gallons de liquide de ce serpentin en particulier (et peut-être une autre quantité provenant de la conduite principale à travers les vannes ouvertes sur le pont) se seraient écoulés dans la citerne. Après 25 ans, la plus grande partie de ce liquide plus lourd — moins la quantité retenue par le cadre métallique au fond de la citerne — aurait sans doute filtré jusqu'au fond marin. Une deuxième source possible de contamination dans les citernes serait un bris du serpentin chauffant là où il traverse les trous d'avant-train dans les renforts de la carène. Cependant, si la structure du fond de la citerne est intacte, sans pénétration de roches, le liquide sera emprisonné dans la structure du fond de la citerne jusqu'à ce que celle-ci soit vidée sur terre.

13.7 Après avoir passé en revue les sites où il pouvait se trouver du liquide du système de chauffage, les méthodes pour confirmer la présence et les quantités de liquide à ces sites ont été étudiées. La première étape de tout processus de vérification du *Irving Whale* est une inspection visuelle minutieuse de la coque extérieure sous la poupe. Les préparations des

plongeurs pour souder la cale de protection à la poupe répéteront les inspections antérieures de la déclivité de la poupe à partir du cadre no 5, de la cloison avant dans la salle des pompes, jusqu'au cadre no 3, et de la cloison avant dans la salle des machines. La densité supérieure du Therminol FR-1 fera en sorte que tout liquide de chauffage à l'état libre dans ces deux espaces cherchera à atteindre les points inférieurs dans les bouchains, contre les cloisons avant. Le gouvernement canadien et l'entrepreneur rapportent que, en dépit de certains dommages près de la déclivité de la poupe, les inspections antérieures n'ont révélé aucune rupture dans les régions de la coque sous la salle des machines ou la salle des pompes.⁴ L'inspection par les plongeurs à l'intérieur de ces lieux n'est pas recommandée. Une activité des plongeurs dans ces espaces créerait de la turbulence qui à son tour troublerait l'eau, la vase et les sédiments. La visibilité brouillée entraînerait un réel risque de contact des plongeurs avec du Therminol FR-1. De même, la turbulence et les obstacles physiques que représentent les systèmes de machinerie et de canalisation installés rendraient une inspection à l'aide d'un véhicule télécommandé des espaces de machinerie extrêmement difficile et peu concluante. La deuxième étape est un examen visuel minutieux des deux conduites principales, en accordant une attention particulière à toutes les vannes installées et aux points où chaque serpentín des citernes entre dans le pont principal. L'inspection visuelle à l'intérieur des citernes n'est pas possible.

13.8 Suivant les résultats des inspections visuelles, d'autres options de vérification existent, à la fois invasives et non invasives. Des échantillons de sédiments devraient être prélevés de la région sous la poupe et analysés en vue d'y déceler la présence de BPC. Étant donné la possibilité que 800 (dans le meilleur des cas) à 1 480 (dans le pire des cas) gallons de liquide de chauffage sont accumulés dans les bouchains, une perforation sous la quille donnerait lieu à une concentration importante de BPC dans les sédiments adjacents. En dépit du balayage exhaustif à l'aide de jets d'eau des sédiments sous la déclivité de la poupe en 1995, en préparation du renflouement, les échantillons de sédiments devraient toujours contenir une concentration significative de BPC si des fuites importantes se sont produites.

13.9 Au lieu d'envoyer un plongeur dans la salle des machines, une sonde ou un échantillonneur pourrait être inséré par les événements des réservoirs d'étanchéité à bâbord et à tribord. Pour effectuer ce prélèvement, un tuyau flexible d'un demi-pouce pourrait être inséré dans l'évent et descendu jusqu'au fond des réservoirs d'étanchéité, à une distance déjà connue. Une force de succion pourrait être appliquée au tuyau à l'aide d'un système conçu à cet effet. L'échantillon pourrait alors être transféré dans un contenant étanche, scellé et transporté à la surface en vue d'une analyse.

13.10 Des sondes des bouchains de la salle des machines et de la salle des pompes pourraient

être effectuées d'une manière semblable. Cependant, la sonde devrait avoir une tige rigide, de manière à pouvoir être dirigée vers des sites précis. Comme les deux espaces de machinerie s'inclinent vers l'avant, une ouverture serait pratiquée, pour accéder à chaque espace, dans le pont directement au-dessus de l'endroit où le prélèvement sera fait. Si la barge repose toujours au niveau sur le fond, un trou percé à peu de distance du centre serait convenable. Si toutefois la barge gîte quelque peu, le trou devrait être percé du côté le plus bas du bâtiment. Un seul échantillon de chaque endroit devrait être suffisant. La figure 9 montre une «libre communication» significative dans les bouchains de la salle des machines, vu que les renforcements des cloisons s'arrêtent avant la section du cadre no 3. La figure 10 montre les ouvertures d'avant-train dans les renforcements centraux. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de prélever des échantillons dans les bouchains entre chaque division structurale. S&A est d'avis qu'il serait redondant de prélever plus d'un échantillon de chaque espace et que cela augmenterait inutilement les risques. Une pollution potentielle par les BPC, au cours de ces tests invasifs, pourrait résulter de 1) un échec de la tige d'acheminement de la sonde ou des connexions, 2) une perte d'intégrité des contenants des échantillons ou 3) un déversement par le personnel de surface au cours de l'analyse. Les deux échantillons recommandés devraient être de volume réduit, de manière à diminuer les risques associés à la manœuvre.

13.11 Il est possible de vérifier l'intégrité des conduites principales à l'aide d'un matériel et de techniques d'usage courant. Le test requiert une prise directe au-dessus de la salle des machines, dans la partie supérieure du tuyau d'alimentation de 4 pouces de diamètre de la conduite principale. Avant de percer la ligne, il faudrait boucher ou sceller l'extrémité antérieure au-dessus de la salle des machines et fermer de ce côté les vannes de chaque serpentin chauffant des citernes. La prise directe serait une connexion filetée de un pouce comprenant une soupape de fermeture (la figure 11 présente un exemple dessiné à la main d'une pompe à vide nécessaire pour ce test). L'intégrité du système est déterminée en appliquant une succion du côté de l'alimentation, contre la vanne de contrôle de la conduite de retour. Un tel test présuppose à la fois que la vanne de contrôle a survécu à des dommages potentiellement catastrophiques dans la salle des machines, et que chacune des douze valves des serpentins des citernes situées de ce côté sont sûres. S'il est impossible de prélever un échantillon, le système est étanche. Si des BPC sont prélevés, alors il y a eu une certaine perte d'intégrité. Si on prélève de l'eau de mer, le liquide de chauffage a été perdu, probablement dans la salle des machines ou la salle des pompes. Les pertes occasionnées par une prise directe pratiquée sur la partie supérieure d'une conduite de 4 pouces sans pression interne et contenant un liquide lourd et insoluble devraient être minimales.

13.12 En utilisant le même procédé de prélèvement dans la conduite principale, tout en ouvrant sélectivement des paires de vannes à chaque serpentin, il peut être possible de vérifier l'intégrité de tous les serpentins chauffants des citernes, chaque vérification particulière comportant le même degré de risque. Tous les échantillons prélevés seraient enfermés dans un contenant et transférés à la surface pour analyse. À la fin des opérations de vérification, la soupape de la prise, et toutes les vannes du système sur le pont, seraient fermées en vue de l'opération de renflouement.

13.13 Il importe de noter que les manœuvres de vérification et de prélèvement d'échantillons mentionnées dans les paragraphes 13.9 à 13.12 ont pour but de confirmer la présence ou l'absence de liquide de chauffage contenant des BPC à divers points du système de chauffage. Il se pourrait que l'élaboration de manœuvres visant à en vérifier la quantité exacte à chaque site soient contre-productives, si l'on tient compte de l'objectif global, c'est-à-dire empêcher tout déversement, si minime soit-il, du liquide de chauffage au cours des opérations de renflouement. L'équipe est convaincue que tout effort visant à mesurer avec précision le liquide de chauffage aux BPC qui se trouve toujours à l'intérieur de la barge risque de provoquer une libération et une contamination qui peuvent et doivent être évitées.

14. Contamination possible par les BPC au cours des opérations de sauvetage

14.1 La libération possible de Therminol FR-1 durant l'enlèvement de la barge est liée à diverses phases des opérations. Ces phases sont : 1) l'évaluation des BPC à bord ; 2) tout enlèvement de BPC *in situ* préalablement au renflouement ; 3) le gréement d'élingues et d'autres pièces d'équipement ; 4) le renflouement ; 5) le soulèvement de la barge au-dessus de la ligne de flottaison (en délestant le vaisseau de renflouement submersible) ; et 6) la livraison et la décontamination au sol.

14.2 Évaluation : le processus d'évaluation des BPC est étudié en détail au paragraphe 13 ci-dessus. Une contamination possible pourrait résulter de l'une ou l'autre des techniques invasives de prélèvement d'échantillons décrites. On aurait peut-être tort de présumer que les vannes du système de chauffage du pont principal sont encore fonctionnelles après 25 ans d'immersion. Étant donné la possibilité d'une détérioration existante des vannes et d'interfaces bimétalliques internes, il n'est pas déraisonnable de supposer qu'elles pourraient se rompre ou que leur garniture flanche lorsque les volants seront tournés. En outre, le type de tuyauterie utilisé pour les conduites principales, soudé plutôt que continu, peut ne pas résister au

scellement sans se rompre ou à un colmatage sans qu'il y ait une fuite. Si un scellement est envisagé, des tests à l'aide de tuyauterie soudée semblable de 4 pouces devraient être effectués à la surface avant d'utiliser cette technique. Les vérifications des conduites principales comportent le facteur de risque le plus élevé. Si une seule vanne de n'importe quel des 12 serpentins des citernes est endommagée ou si le tuyau se rompt ou fuit au cours de la mise en place de la prise directe décrite ci-dessus, ce processus de vérification pourrait permettre à 130 gallons de liquide dans la conduite principale adjacente (le point supérieur du système) de se déverser dans la mer. Ce liquide pourrait contenir ou non des BPC. Comme la vérification de la conduite principale comporte le facteur de risque le plus élevé, une inspection visuelle, le colmatage de toute région suspecte et le recouvrement de vannes sélectionnées à l'aide de sacs devraient être des mesures suffisantes.

14.3 Les risques de pollution par les BPC que présentent les régimes de prélèvement d'échantillons dans la salle des machines ou la salle des pompes peuvent être minimisés en réduisant l'importance des échantillons.

14.4 Tout dommage antérieur à l'un ou l'autre des serpentins de citerne a deux conséquences possibles : ou le liquide a filtré par un trou au fond de la citerne au cours des ans, ou il est toujours contenu à l'intérieur de la citerne.

14.5 Notre principale recommandation touchant le contrôle de la pollution par les BPC durant cette étape est de limiter les vérifications invasives au prélèvement de deux échantillons, un dans la salle des machines et l'autre dans la salle des pompes, et de renoncer à la vérification de la conduite principale et des douze serpentins des citernes. La plus grande partie du liquide de chauffage devrait se trouver dans la salle des machines et la salle des pompes.

14.6 Élimination sur place : l'élimination du liquide de chauffage du *Irving Whale* alors que le bâtiment repose au fond représente un plus grand risque environnemental que les manœuvres de vérification et de prélèvement d'échantillons. Elle exposerait également les plongeurs à des risques sérieux s'il devait y avoir une rupture ou un échec et que leurs combinaisons devaient entrer en contact avec le liquide de chauffage (voir les sections 15.3 et 15.4). Il y a deux façons de vidanger le liquide de chauffage de la salle des machines. La première serait d'utiliser un système de succion installé sur un vaisseau de soutien à la surface. Un tuyau à enveloppe double descendrait sur une distance de 220 pieds et plus, de la surface jusqu'aux bouchains des espaces de machinerie du *Irving Whale*. Une pollution éventuelle pourrait résulter d'une fuite du tuyau de vidange, de ses connexions ou du système d'aspiration et d'isolation dans un

contenant. Toute forme de débris (par exemple, des chiffons qui traînent) dans les bouchains des espaces de machinerie bloquerait temporairement le tuyau de succion et les efforts pour enlever une obstruction augmentent les risques de pollution accidentelle. L'entrepreneur a soumis un plan équivalent pour éliminer la plus grande partie du liquide, en créant une succion à l'aide de la pression d'eau (voir annexe D).

14.7 La deuxième méthode consisterait à utiliser un système de sonde et de succion conçu à cet effet, mais situé sur le pont du *Irving Whale* plutôt qu'à la surface. Le liquide de chauffage serait déposé dans un conteneur fixé à la barge. Il y aurait une vanne que les plongeurs pourraient fermer immédiatement en cas d'échec. En plaçant le réservoir à vide sur une palette solide munie d'un bord à batardeau, tout déversement de BPC du réservoir pourrait probablement être retenu à l'intérieur du batardeau et par la suite recouvert selon la même méthode. Toutefois, du Therminol FR-1 «libre» à proximité des plongeurs risquerait de contaminer l'extérieur de leurs combinaisons (voir les sections 15.3 et 15.4).

14.8 L'enlèvement maximal du liquide de chauffage des bouchains de la salle des machines et de la salle des pompes pourrait exiger plus d'un orifice d'accès pour chaque espace, suivant le gîte éventuel de la coque et la capacité de la sonde d'atteindre les poches de coin à partir d'un orifice pratiqué près de la ligne du centre. La vidange des conduites principales pourrait se faire au moyen des trous des prises directes pratiqués pour les tests. Cela serait également possible en ce qui a trait aux serpentins des citernes intacts, bien qu'une partie du liquide dans ces serpentins pourrait se trouver trop éloignée du point de succion.

14.9 Cette étude n'a pu déterminer avec précision quelles quantités de BPC pourraient être extraites du système de chauffage ou quelles quantités il y resterait. En tenant compte de l'objectif de minimiser la pollution éventuelle du golfe du Saint-Laurent, la recommandation de l'équipe est de lever la barge après s'être assuré que le liquide de chauffage est contenu de façon sûre. La «sûreté» est définie comme le maintien du statu quo, déterminé suivant des résultats tolérables des 1) inspections visuelles, 2) prélèvements d'échantillons du fond marin sous la poupe, 3) prélèvements d'échantillons dans les bouchains de la salle des machines et la salle des pompes, 4) investigation et, peut-être, colmatage de toute partie douteuse de la tuyauterie et 5) réalisation du renflouement conformément aux recommandations contenues dans ce rapport.

14.10 Il n'est pas pratique de recourir à des substances chimiques pour solidifier ou gélifier les BPC à l'intérieur du système de tuyauterie. Les agents de «fixation» connus tels que les cendres libres, la poudre de ciment et le silicate de sodium ne fonctionneront pas

convenablement dans un milieu aqueux. L'utilisation de mousses de polyuréthane comme «bouchons» ou «couvertures» ne fonctionne que dans des conditions atmosphériques normales. Dans un milieu aqueux, elles seraient inefficaces, le composé de polyuréthane injecté étant partiellement dissout par l'eau, ce qui ne fait qu'exacerber la pollution chimique sur le site sans accomplir l'effet désiré.

14.11 Gréement pour le renflouement : il faudra s'assurer que toute partie saillante du système de chauffage de la cargaison, tels que les vannes sur l'accastillage des conduites principales, des serpentins des citernes ou les crochets et supports qui maintiennent le système de tuyauterie externe en place, soit à bonne distance des élingues et de toute pièce d'équipement utilisée durant l'installation de celles-ci. D'après les plans fournis à l'équipe, il semble que les connexions de la conduite principale et de la tuyauterie connexe des serpentins soit à environ 2 pieds à l'intérieur du bord extérieur du pont, et montées sur l'extérieur du bastingage.

14.12 Une rupture accidentelle de la tuyauterie ou des vannes, même si elle est peu probable, pourrait libérer la même quantité de liquide que dans le paragraphe 14.2. La «barre d'écart» conçue pour maintenir les élingues en position presque verticale devraient protéger les vannes se trouvant à proximité. L'équipe recommande que les plongeurs recouvrent également les dites vannes de sacs ou de couvertures qui demeureraient en place même si le volant ou la vanne devait briser.

14.13 Avant le renflouement, les traces de la barge devraient être marquées dans les sédiments à l'aide de bouées et d'émetteurs en vue des opérations ultérieures de contrôle et de nettoyage, une fois que la barge aura été enlevée du site.

14.14 Le renflouement : la levée de la barge à l'aide d'élingues glissées à l'avant et à l'arrière ne devrait pas entraîner de perte de liquide de chauffage. La nouvelle conception de la cale de protection renforcera la région de la coque et répartira de façon optimale les forces appliquées. L'appareillage de déflexion de la coque, mentionné au paragraphe 10.8, donnera à l'avance une indication de tout stress dangereux résultant d'une torsion de la coque ou d'une répartition inégale de la charge, quelle qu'en soit la cause. La barge peut rapidement être déposée sur le fond marin en vue d'écarter tout risque additionnel, pendant que les mesures correctives sont étudiées.

14.15 Une fois que le *Irving Whale* sera soulevé à 10-12 pieds du fond marin, l'entrepreneur entend faire l'examen du fond de la coque à l'aide d'un véhicule télécommandé. L'opération

donnera une première vue de l'état du dessous de la coque. S'il y a un trou sous une des citernes, une couche d'eau de mer séparera le mazout à l'intérieur du trou dans la coque. Comme il a été indiqué plus tôt, le liquide de chauffage plus dense aura déjà filtré sur le fond marin au cours des 25 dernières années. Le seul indice pourrait fort bien être la présence d'une roche qui aura causé les dommages ou les bords déchiquetés d'un trou visible par le terminal du véhicule télécommandé. À ce stade, les plongeurs ne devraient en aucune circonstance s'approcher du dessous de la coque pour en vérifier l'état. La décontamination du fond marin peut être retardée jusqu'à ce que la barge ait quitté le site sur le vaisseau de renflouement.

14.16 Levée de la barge au-dessus de la ligne de flottaison : l'eau de mer dans toute citerne défoncée s'en écoulera à mesure que la pression hydrostatique changera au cours du délestage du vaisseau de renflouement submersible. Le mazout de la cargaison, plus visqueux, ne s'écoulera pas tant qu'il n'aura pas été réchauffé. Tout déversement de la cargaison de mazout doit être considéré comme contaminé par les BPC et traité en conséquence jusqu'à ce que le prélèvement d'échantillons et l'analyse démontrent l'absence de BPC.

14.17 Le vaisseau de renflouement doit être muni de batardeaux permettant de contenir tout déversement de mazout, et en même temps préserver une stabilité de réserve suffisante sur son pont principal pour une surface libre. Du matériel d'endiguement et de nettoyage devrait se trouver à bord du vaisseau de renflouement afin de pomper le mélange résultant soit dans un bâtiment de soutien, soit dans une citerne vide sur la barge de renflouement. L'élimination de la plus grande quantité de liquide possible devrait être envisagée avant le transit d'une durée évaluée à trois jours jusqu'à Halifax. Dans l'éventualité où les conditions météorologiques ou de mer seraient défavorables durant le transit, toute quantité résiduelle de liquide non pompée du pont du vaisseau de renflouement pourrait déborder des batardeaux.

14.18 Livraison et décontamination : la barge et la région du pont du coffre du vaisseau de renflouement devraient être soigneusement décontaminées préalablement au déchargement du *Irving Whale*. Si tout le liquide sur le vaisseau de renflouement est pompé avant le départ du site, une partie de la décontamination plus minutieuse peut s'effectuer durant le transit.

14.19 La barge devrait être livrée à des installations reconnues en vue des travaux de décontamination. Du matériel de pompage, des conteneurs et un personnel formé sont requis pour vider correctement les citernes de la barge. Le processus ardu de nettoyage du mazout de la cargaison, de type Bunker «C», vraisemblablement très visqueux après une exposition de 25 ans à des températures très froides, requiert un personnel compétent et qualifié.

15. Sécurité des plongeurs

15.1 L'objectif d'une bonne planification des opérations de sauvetage est de faire en sorte qu'elles n'exigent pas l'intervention de plongeurs. Tout en reconnaissant que cet objectif est inatteignable en ce qui a trait au sauvetage du *Irving Whale*, il est au moins possible de le garder à l'esprit en vue de réduire le nombre de plongeurs requis et de leur faciliter la tâche autant que possible.

15.2 Les travaux d'inspection, de vérification et de prélèvement d'échantillons qui dépasseraient les recommandations de l'équipe de S&A formulées dans les paragraphes précédents et toute tentative d'élimination du Therminol FR-1 sous l'eau augmentent les risques pour les plongeurs, de même que pour l'environnement du golfe du Saint-Laurent.

15.3 Même si le plongeur est protégé contre la contamination par les BPC par sa combinaison de plongée, la face externe de la combinaison ne l'est pas. Un contact avec une quantité de Therminol FR-1 soulève de nombreuses préoccupations précises en matière de sécurité. Les chlorobenzènes qui composent 20 p. cent du liquide de chauffage peuvent provoquer une détérioration du caoutchouc semblable à ce qui s'est produit dans l'incident mentionné au paragraphe 8.5, quoique moins rapidement.

15.4 Le deuxième sujet de préoccupation tient au fait que lorsque ce plongeur revient sous la cloche, il risque d'en contaminer l'intérieur. Pour toute tâche qui expose un plongeur à un contact avec le liquide de chauffage, des procédures distinctes devraient être suivies, exigeant le retour du plongeur à la surface en vue d'une décontamination.

15.5 Enfin, si la détérioration de la combinaison entraîne une contamination de la peau, des symptômes à la fois aigus et chroniques pourraient se manifester.⁵

15.6 Le gouvernement du Canada et l'entrepreneur devraient donner un aperçu de toutes les tâches des plongeurs et de la séquence des plongées au cours du processus de simulation. L'entrepreneur possède toutes les compétences requises pour mener cette opération à bien, mais l'équipe est préoccupée par le fait que le total du temps requis pour accomplir toutes les tâches sous l'eau (inspection et marquage du site, opérations structurales, de gréement et de renflouement, nettoyage environnemental) peuvent exiger que l'opération soit lancée en début

d'été, de manière à ce que, ces tâches une fois complétées, on dispose encore d'une «fenêtre météorologique» de 10 à 14 journées au mois d'août pour exécuter le renflouement. Le renflouement comme tel ne devrait prendre qu'une demi-journée, à condition qu'il ne survienne pas de complications reliées à une déviation de la coque. Mais le calendrier des opérations doit être établi avec grand soin, de manière à tenir compte de toutes les complications éventuelles et donc éviter un programme accéléré de plongées.

15.7 Si les recommandations de l'équipe sont suivies et que les opérations de renflouement sont menées de façon appropriée et sûre, les risques additionnels pour la sécurité des plongeurs et l'intégrité de l'environnement seront minimisés.

16. Proposition de l'entrepreneur

16.1 La proposition de l'entrepreneur de vidanger le liquide de chauffage *in situ* comporte l'affirmation d'une préférence pour le renflouement de la barge intacte, avec le liquide en place (voir annexe D). Pour toutes les raisons précédemment invoquées, l'équipe considère que cette solution est préférable à une tentative de transfert du liquide sur le fond marin.

16.2 Les opérations d'enlèvement du liquide qui pressurisent le système de chauffage en boucle fermée, suivies de lavages répétés 1) accroissent le temps de plongée et les risques d'exposition des plongeurs dans des conditions dangereuses, 2) augmentent de façon exponentielle les risques de contamination de l'environnement par les BPC et 3) engendrent des volumes d'eau contaminée par les BPC de trois à cinq fois supérieurs aux quantités originales.

16.3 La lavage sous pression des serpentins chauffants des citernes, bien qu'il soit possible, pourrait entraîner une contamination par les BPC là où il n'en existe pas à l'heure actuelle.

16.4 La récupération du liquide et des eaux de lavage contaminées au moyen de tuyaux menant à la surface augmente les possibilités de libération accidentelle de BPC, surtout sur une période de travail évaluée à une dizaine de journées pendant laquelle les conditions météorologiques peuvent fort bien fluctuer énormément.

16.5 La méthode consistant à installer 32 prises directes ou davantage pour faciliter les opérations d'enlèvement des BPC et de lavage et à fermer les vannes individuelles du système en boucle de la cargaison ne fait qu'augmenter les risques de déversement accidentel de BPC de

toutes les sources dont l'intégrité est compromise.

16.6 En dépit de ces faiblesses, il se peut que les risques additionnels que comporte l'enlèvement du liquide de chauffage «libre» dans les bouchains de la salle des machines soient nécessaires si les mesures de la déviation de la coque au chargement initial indiquent que le plan des opérations de sauvetage doit être révisé. Le gouvernement canadien et l'entrepreneur devraient disposer de plans d'urgence prévoyant le temps, les sommes, le matériel et la main-d'œuvre qui seraient requis.



Publié dans le *Sunday Times* du 27 août 1978

UNE BOMBE À RETARDEMENT DANS LA TAMISE

**AVERTISSEMENT
DANGER
MUNITIONS NON ÉCLATÉES
GARDER UNE DISTANCE DE 500 PIEDS (66 mètres)**

Le traversier avance, inconscient du danger caché mais mortel — l'épave d'un vaisseau de guerre chargée de 3 173 tonnes de bombes. Elle ne repose qu'à 200 mètres d'une voie de navigation principale, à trois kilomètres de la station balnéaire Sheerness et à cinq kilomètres d'une énorme raffinerie de pétrole. Chaque année, le risque que le monstre explose augmente. Correspondance de Jon Connell.

Pour le touriste qui observe de la plage de Sheerness, dans l'estuaire de la Tamise, l'épave du vaisseau de guerre américain *Richard Montgomery* n'est rien d'autre qu'une des curiosités touristiques britanniques. Pour l'habitant, elle est devenue, depuis qu'elle a sombré en 1944, un voisin familier et fiable.

On a escaladé sa carcasse, on l'a filmé, on s'est promené en voilier aux alentours et entre ses mâts qui pointent toujours hors de l'eau. Les voleurs ont dégarni la plupart du câblage de cuivre de sa coque. Les pêcheurs ont utilisé l'emplacement pour déverser leurs bombes perdues, obus et autres déchets de guerre qu'ils attrapent dans leurs filets.

On peut comprendre ce comportement. Whitehall a systématiquement fait savoir que l'épave, longue de 150 mètres, avait peu de chances d'exploser, et que le risque diminuait avec les ans.

Toutefois, d'autres experts sont d'un avis contraire. Et si jamais le *Richard Montgomery* venait à voler en éclats, cela constituerait une des plus grandes explosions non nucléaires de l'histoire.

3 173 tonnes de bombes de tailles diverses sont stockées dans les cales no 1 et 2, presque la moitié du stock initial. Le reste avait été repêché lors d'une opération de sauvetage d'urgence menée immédiatement après que le tonnage brut de 7 176 ait coulé à une profondeur de 8 mètres d'eau.

Le manifeste du stock actuel est un mélange mortel de 2 893 tonnes de bombes d'une charge approximative de 1,20 tonnes de dynamite, 173 tonnes de petites bombes à fragmentation antipersonnel dotées d'un mécanisme d'armement intégré et 107 tonnes de barils phosphoreux inflammables au contact avec l'oxygène.

La région la plus touchée par une explosion serait Sheerness mais l'Isle of Grain, avec sa raffinerie de pétrole et ses réservoirs de stockage, est également vulnérable. De plus, l'explosion de l'épave, située le long d'une des voies les plus utilisées au monde par les pétroliers, pourrait déclencher un effet de dominos.

Le ministère de la Défense avait déjà prédit que même l'île de Canvey, située à 16 kilomètres en amont de la rivière, pourrait être menacée mais cela semble peu probable.

Personne ne met en doute l'éventualité d'une explosion. «En cas de danger sérieux, la probabilité est de un sur un million», affirme Sir Bernard Braine, député de South East Essex. On a déjà frôlé la catastrophe dans la région alors que le caboteur espagnol *Monteulia* a embouti le débarcadère du complexe pétrolier Mobil Coryton où les superpétroliers déchargent leur contenu. L'embarcation avait déchiqueté des tuyaux d'écoulement de pétrole et provoqué un incendie sur la Tamise et des dégâts évalués à 59 millions de livres pour le complexe et d'autres navires.

Selon les autorités officielles, l'eau salée et l'usure du *Montgomery* rendent ses bombes inoffensives. La fausseté de cet énoncé a été prouvée. Alors que certains explosifs sont hydroscopiques (c'est-à-dire qu'elles subissent une usure due à un contact permanent avec l'eau), la dynamite ne l'est pas et le manifeste de la cargaison du bateau montre que les bombes sont devenues étanches et par conséquent ont une durée de vie indéfinie.

Il existe d'autres dangers. Les fissures progressives de la coque rendent aléatoires les ponts superposés où sont entassées les bombes et augmentent les risques de carambolage.

David Cotgrove, ancien chercheur en explosifs auprès du gouvernement, a démontré que l'épave est actuellement scindée en trois et non en deux, comme le veut la version officielle. Ce qui veut dire, selon lui, qu'il existe différents niveaux de pression sur nombre de bombes. Si l'une venait à subir une compression, comme prise dans un étau, elle se fracasserait et la pression résultante provoquerait une explosion.

L'encombrement croissant des voies de navigation de la Tamise augmente les risques de collision. De fait, la gendarmerie maritime de Warden a déjà enregistré 24 accidents évités de justesse et un cargo a même accroché la superstructure en heurtant latéralement un berceau d'artillerie.

Et si un pétrolier se trouvait coincé sur le *Montgomery* à marée haute, que se passerait-il lors du reflux?

Ce sont les risques de manipulation délibérée avec l'épave qui, malgré tout, préoccupent surtout les experts. Une bande d'étudiants avait monté un canular en 1969 en faisant semblant de vouloir la dynamiter. En 1976, Stephen Barlay, dans son roman *Blockbuster*, considérait l'attrait que le *Montgomery* constituait pour les terroristes. De telles appréhensions, jugées trop alarmistes, ont été écartées mais il n'en demeure pas moins qu'à l'échelle mondiale 23 attentats indépendants ont été perpétrés en mer depuis 1974.

Ce n'est qu'en 1973 que l'accès à l'épave est devenu une infraction en vertu de la *Loi sur la protection des épaves*. À l'heure actuelle, la principale instance chargée de la surveillance est la Meoway Ports Authority. Bien que les patrouilleurs opèrent par radar, on peut approcher de l'épave de très près sans déclencher de mise en garde.

Beaucoup de propriétaires de bateaux locaux affirment qu'il est facile de grimper à bord de l'épave sans être vu, la nuit venue ou la brume aidant. Un policier du Kent interrogé sur l'éventualité d'un plan d'urgence, a répondu : «Il s'agira d'allumer des cierges et de prier.»

Le question du *Montgomery* a été bâclée depuis le début; en fait depuis qu'il a mouillé dans les eaux britanniques. Le naufrage n'aurait jamais dû arriver. David Cotgrove a recueilli des preuves supplémentaires et les a compilées dans un rapport indépendant qui fait autorité. Il y décrit ce qui s'est réellement passé.

La mission du bateau consistait à livrer des bombes à l'aviation américaine en vue d'un usage ultérieur au Jour-J, le 6 juin 1944. La nuit du 20 août 1944, se dirigeant vers Cherbourg en France, il a effectué une halte dans l'estuaire de la Tamise pour attendre un convoi et a mouillé l'ancre à moins de trois kilomètres de Sheerness.

La légende veut qu'il ait sombré à marée basse ou suite à un grand coup de vent. Les deux versions sont fausses car le temps était calme et il s'est échoué sur un banc de sable non seulement à marée haute mais également à marée de syzygie.

Il y a eu une tentative pour le récupérer. Un capitaine a proposé de le remorquer. Le maître du vaisseau échoué a refusé l'offre et moins de quatre heures plus tard, lors du reflux, la pression sur la coque a tordu et brisé certaines de ses plaques soudées. Le surlendemain, le navire s'est cassé en deux.

Un comité d'enquête s'est réuni à bord du *Montgomery* une semaine après l'incident et a appris que les vigies de plusieurs bateaux l'avaient vu au petit matin osciller en direction du banc de sable et avaient fait retentir leurs sirènes en guise d'avertissement. Le commandant de bord à qui l'on avait demandé pourquoi il n'avait pas réveillé le maître d'équipage qui dormait dans sa couchette, a répondu : «Je ne sais pas.» Le comité a conclu que le maître avait placé son bateau en situation de péril. Ce dernier et le commandant ont été suspendus pour un an.

Le comité n'a toutefois pas entendu l'élément déterminant de la preuve. Quand le *Richard Montgomery* s'est engagé dans l'estuaire de la Tamise, il a reçu ses ordres d'amarrage de Southend. Reconnaissant que le poste d'amarrage affecté, d'une profondeur de 24 pieds à marée basse, ne convenait pas à un bateau d'un tirant de 32 pieds, le capitaine adjoint du port, Roger Foley, a modifié ses instructions.

Alors qu'il transmettait ses ordres au poste de contrôle du musoir, il a été interrompu par son supérieur, le lieutenant commandant par intérim R. J. Walmsley, qui a annulé sa décision, fort de la conviction que le *Montgomery* serait en sécurité à l'emplacement prévu au départ. Foley a demandé un rapport écrit à cet effet et a été affecté ailleurs deux jours plus tard. Il n'a pas pu assister à l'enquête.

Les bavures qui ont commencé à l'été 1944 continuent toujours. Le ministère du Commerce a fait savoir la semaine dernière qu'une nouvelle étude sous-marine allait être effectuée sur l'épave, un des objectifs étant, selon un porte-parole, d'établir si le vaisseau, sectionné en deux lors du naufrage, avait subi de nouvelles fractures.

Selon ce qui précède, David Cotgrove a déjà fourni la preuve à l'effet d'une seconde fracture *il y a six ans*. Lors d'une réunion avec des représentants du ministère, il a expliqué que l'angle des mâts et une prise de vue aérienne l'avaient convaincu que la fracture avait déjà eu lieu. En réponse aux doutes émis, il a laissé savoir qu'il avait envoyé un plongeur en reconnaissance.

La question se pose : la prise de position du ministère vise-t-elle à convaincre les gens que le *Richard Montgomery* est solidement pris dans le fond de telle sorte que les turbulences climatiques n'ont aucune incidence sur les bombes? La dernière étude sous-marine a eu lieu en 1972, suite aux révélations sur la deuxième fracture. Un an plus tard, le gouvernement émet un communiqué stipulant que même si l'épave git en deux parties rouillées, elle demeure en bon état. Corgrove insiste que cette démarche est encore une fois que de la poudre aux yeux. Son rapport sur les données officielles soutient que les comptes rendus sur l'épave sont faux et démentent l'idée qui veut qu'elle soit de moins en moins dangereuse.

Il estime que l'histoire entourant l'épave ne sert qu'à perpétuer une suite de mythes. Convaincu que l'on trompait l'opinion publique, il a décidé d'effectuer sa propre enquête avec le concours de la chambre de commerce du Southend. Quelle ne fut pas sa surprise de découvrir que des données aussi fondamentales que le nombre de bombes à bord étaient erronées dans les rapports officiels.

On a commencé à se rendre compte que le déplacement de l'épave n'allait pas être une tâche aussi facile en 1952, l'année où le *Richard Montgomery* est devenu un problème. Le député de Gosport, Reginald Bennett, a soumis au Parlement les premières des nombreuses questions qui allaient être ajournées par la suite : La responsabilité incomba-t-elle aux autorités de la Marine? Quelles étaient leurs intentions? La réponse, frappante, était négative dans les deux cas. Il semblait que la question relevât des autorités portuaires de Londres.

Les autorités ne l'ont pas reconnu et, 18 ans plus tard, l'incertitude n'était pas encore éclaircie alors que le Sous-secrétaire d'État pour le Commerce informait Sir Bernard Braine que la question relevait de la compétence de la chambre de commerce.

Paradoxalement, toute cette histoire autour du *Richard Montgomery* aurait pu être résolue en 1948. Le gouvernement américain avait fait appel à des ingénieurs spécialisés en récupération d'épaves afin de récupérer les bombes et les déposer en eaux profondes. Cependant, au dernier moment, le gouvernement britannique l'en a dissuadé en invoquant les risques encourus.

Malgré tout, les Américains ont récidivé et, en 1967, ont effectué une seconde étude en recommandant une fois de plus que les bombes soient récupérées. Le gouvernement leur a répété qu'il valait mieux laisser les bombes là où elles se trouvaient.

On doit probablement cette décision à un incident survenu juste après la soumission du rapport américain. Le cargo polonais *Kielce*, chargé de bombes semblables à celles du *Montgomery*, avait sombré en eaux profondes à cinq kilomètres (3 miles) au large de Folkestone et explosé, occasionnant des dégâts à la ville évalués à 100 000 livres.

La déflagration est survenue alors qu'on tentait de dégager les bombes en dynamitant la cloison à faible intensité. La charge d'explosifs était assez élevée pour faire sauter tout le cargo.

Plusieurs comptes rendus officiels ont été dressés sur le *Richard Montgomery* ainsi qu'une foule de solutions : l'isolement à l'aide d'une barrière, le dynamitage, le remorquage sous-marin des bombes et même l'enchâssement dans un dôme de béton.

Mais plus on a laissé pourrir la situation, plus elle est devenue épineuse. Hier, Sir Bernard Braine a exigé des réponses du gouvernement à ce sujet. Dans sa lettre adressée à Stanley Clinton Davies, Sous-secrétaire d'État pour le Commerce, il demandait si la sécurité pouvait être assurée. Il est peu probable qu'il obtienne satisfaction.

«Si ce bateau avait sombré en face de la Chambre des communes, on aurait réagi, affirme David Cotgrove. Quelle distance faut-il parcourir en aval avant que le danger représenté par une épave soit pris en considération?»

Photos : Duncan Baxter; illustrations : John Grimigade; recherche supplémentaire : Doreen May et Michael Kerr.

Légende de la carte géographique :

Cercles de destruction : l'explosion de l'épave provoquerait l'écroulement des bâtiments vétustes et des murs sans soutien ainsi que la fissure des conduits de gaz et d'eau situés dans un rayon de trois kilomètres. Des fenêtres pourraient se briser et des tuiles, chuter à dix kilomètres de distance. Une déflagration engendrerait une boule de feu pouvant catapulter de volumineux débris à plus d'un kilomètre et demi de distance. Une explosion survenant alors que les nuages sont bas aurait un effet dévastateur car le choc serait répercuté des nuages vers le sol, augmentant par là les dégâts.



Searle and Associates, Ltd.

CONSULTANTS SÉLECTIONNÉS

William A. Cleary, Jr.

William Cleary a occupé le poste de Chef du service de l'architecture navale au bureau de la sécurité maritime Environnement de la Garde côtière américaine pendant vingt ans. Il a simultanément occupé, à titre de capitaine de la Réserve nationale américaine, le poste de commandant de la *Reserve Salvage Organization*. Il a été le représentant américain de l'Organisation mondiale maritime au sein de plusieurs sous-comités et dans le cadre de diverses rencontres thématiques. Il a co-présidé le USA/Canada Joint Technical Committee for Great Lakes Load Lines et a participé activement au débat sur la sécurité internationale et la pollution.

Andrew W. D'Angelo

Andrew D'Angelo a été ingénieur de projet pour la firme Merritt, Chapman and Scott dans le cadre des opérations de sauvetage exécutées à la suite du passage de l'ouragan Betsey en 1965. À titre d'ingénieur principal de la Merritt Division de la Murphy Pacific Marine Salvage Co., il a conçu une estacade pour usage en haute mer qui a été utilisée avec succès par la suite lors d'un déversement important de mazout dans le golfe du Mexique. Il a également été responsable des travaux de génie visant à délester un chargement de mazout afin de prévenir des dommages additionnels à l'environnement, et à retirer la poupe endommagée d'un navire pétrolier à Puerto Rico.

Herman S. Kunz

Herman Kunz est maître gréeur et plongeur, de même que maître d'équipage. Il s'est spécialisé dans le sauvetage subaquatique et a été responsable de l'un des deux centres de formation de la sécurité dans l'espace confiné à la Marine. À l'époque où la série Sea Lab était active, on lui confiait tous les projets de travaux de plongée exécutés par les «hydronautes» — en fait, il était leur superviseur. Depuis sa retraite, il a cumulé les fonctions d'hydrographe et d'inspecteur à la sécurité, et a maintes fois supervisé des opérations de plongée, aussi bien la plongée à saturation (plongée de durée prolongée) qu'en eaux peu profondes. Il est l'auteur de plusieurs manuels de sécurité dans le domaine de la plongée.

Jerome H. Milgram

Jerome Milgram est professeur d'architecture navale et de génie maritime au département du même nom de la Massachusetts Institute of Technology. Il détient un doctorat en hydrodynamique et d'autres diplômes en génie électrique, en architecture navale et en génie maritime. Il possède 12 brevets américains pour des équipements de contrôle et d'élimination des polluants marins et a à son actif plus de 70 publications sur des sujets connexes. C'est un innovateur invétéré. Entre autres systèmes, il a inventé un *sombrero inversé* pour venir à bout d'une fuite dans un puits de pétrole du golfe du Mexique.

Barron C. Nelson

Barron Nelson a récemment terminé une carrière de 32 ans dans la Marine. Il a occupé le poste de commandant de trois navires, assurant la direction de deux bâtiments à fort tirant d'eau, notamment le USS CAMDEN (AOE 2), un grand porteur pétrolier. Au cours de sa dernière tournée en mer, il était capitaine d'un détachement spécial, dirigeant toute la logistique du navire, l'entretien, la réparation, le remorquage et la récupération au cours de l'opération Desert Storm. Il a ainsi assuré l'escorte, le remorquage et la réparation des deux navires endommagés par les mines.

Paul E. Purser

Paul Purser possède une vaste expérience dans les domaines du génie et de la gestion tant dans le secteur de l'espace que dans le secteur maritime (NASA, Marine Board of the National Research Council, Marine Technology Society). Il a participé dans les études suivantes dirigées par le Marine Board : 1) La sécurité et les opérations en haute mer; 2) La sécurité et l'électricité sous l'eau (humains et équipements); 3) La vérification de la sécurité des structures côtières; 4) L'intervention en cas d'urgences touchant des bâtiments transportant des matières dangereuses; 5) Politique nationale pour le sauvetage et la récupération (marine).

W.F. Searle, jr.

William Searle a pris sa retraite de la U.S. Navy en 1970 après avoir passé presque toute sa carrière de 28 ans dans le sauvetage et la récupération. La période la plus marquante de sa carrière a été ces cinq années pendant lesquelles il a occupé le poste d'officier principal aux opérations de sauvetage de la Marine. Il avait déjà oeuvré, pendant plusieurs années, à titre d'officier de sauvetage auprès du commandant de la flotte du Pacifique.

Depuis sa retraite, il a été le président de son consortium de services conseils, lequel a joué un rôle clé dans la planification et la consultation dans le cadre d'un effort des Nations unies visant le contrôle des opérations de sauvetage dans le Canal de Suez et dans les ports du Bangladesh. Érudit actif, il a servi comme maître conférencier associé en génie océanique au MIT et à la Maine Maritime Academy. Le capitaine Searle est un historien mondialement reconnu dans le secteur du sauvetage et dans les domaines connexes. Il est membre de la National Academy of Engineers.

Robert K. Thurman

Robert Thurman a été reçu dans la Marine marchande à l'âge de 14 ans et a obtenu sa première licence à l'âge de 21 ans. Au cours de sa brillante carrière dans la Marine, il a été commandant de sept bâtiments de remorquage et de récupération. Il a été capitaine de port et maître récupérateur sénior pour la Merritt-Chapman & Scott Corporation et pour la Murphy Pacific Marine Salvage Company. Il a participé à titre de maître récupérateur ou d'expert conseil à plus d'une centaine d'opérations de récupération d'envergure dans le monde, apportant une connaissance inépuisable sur les habiletés de marins et sur les forces qui gouvernent les systèmes de génie maritime.

Eric Warner

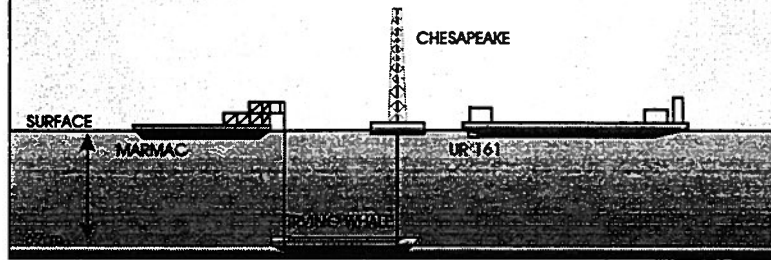
Eric Warner a plus de 22 années d'expérience dans l'industrie du traitement, du stockage et de la destruction des déchets dangereux. Il a été un des auteurs de *Marpol 1* et de *Annexe II* de la réglementation environnementale internationale sur la marine. Il a également été membre de la Gulf Coast Emergency Strike Team de la Garde côtière américaine. Il a mis en place des installations de manutention et d'entreposage en vrac des BPC et de déchets de solvants chlorés qui ont été converties en incinérateurs sur terre pour les BPC. Il offre présentement des services environnementaux aux industries du raffinage du pétrole, de la pétrochimie, du transport, du traitement des déchets commerciaux et du secteur minier.

Hugh D. Williams

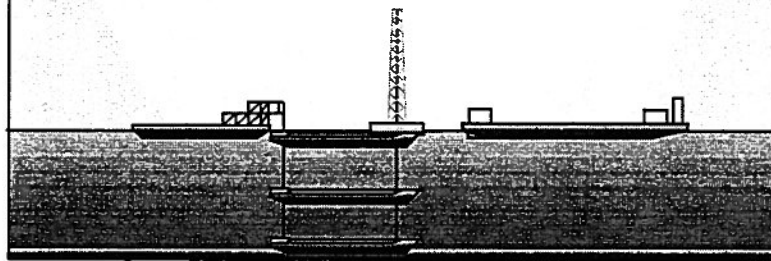
Au cours de sa carrière au sein de la Garde côtière américaine, Hugh Williams a organisé et dirigé la Atlantic Strike Team de la National (Pollution) Strike Force. Il possède un M.Sc. en génie chimique et a travaillé pour la Mobil Oil Corporation et la Amoco Corporation en tant que coordonnateur de la sécurité maritime et des urgences environnementales. Il est actuellement président d'une entreprise de consultants du secteur maritime qui participe à la conception de bâtiments

d'urgences environnementales, et offre des services d'experts sous la Oil Pollution Act of 1990 (OPA 90) Qualified Individual (QI), de même que des services de consultation en matière de protection environnementale en milieu marin.

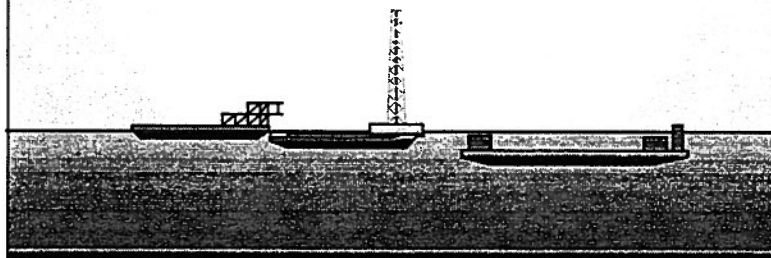
ÉTAPE 1



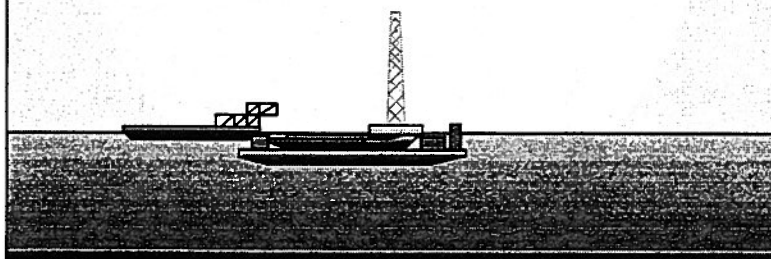
ÉTAPE 2



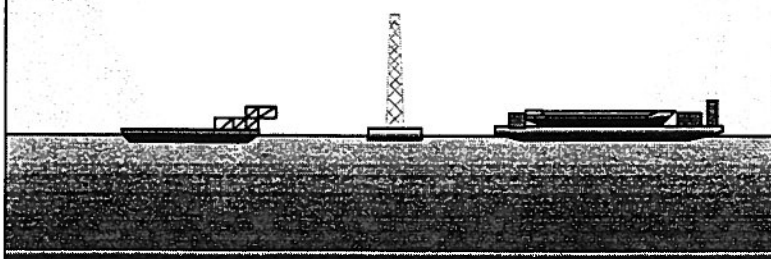
ÉTAPE 3



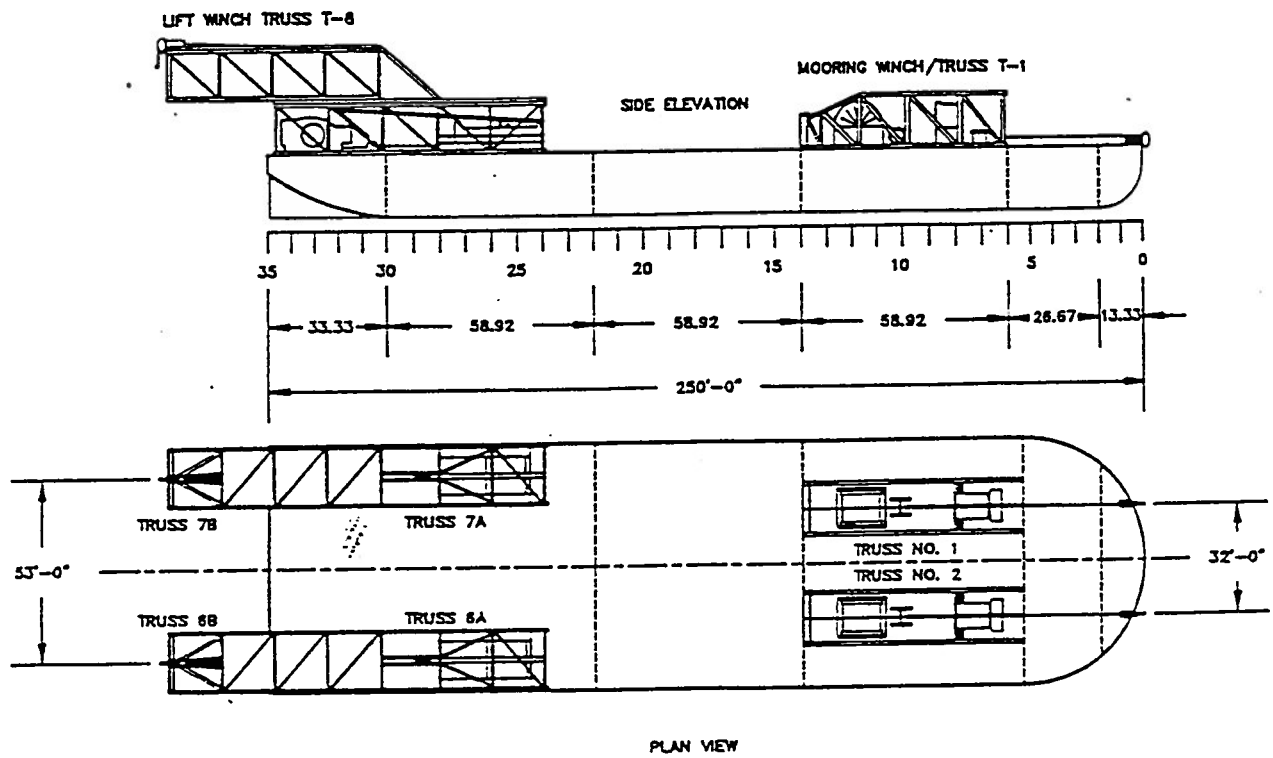
ÉTAPE 4



ÉTAPE 5





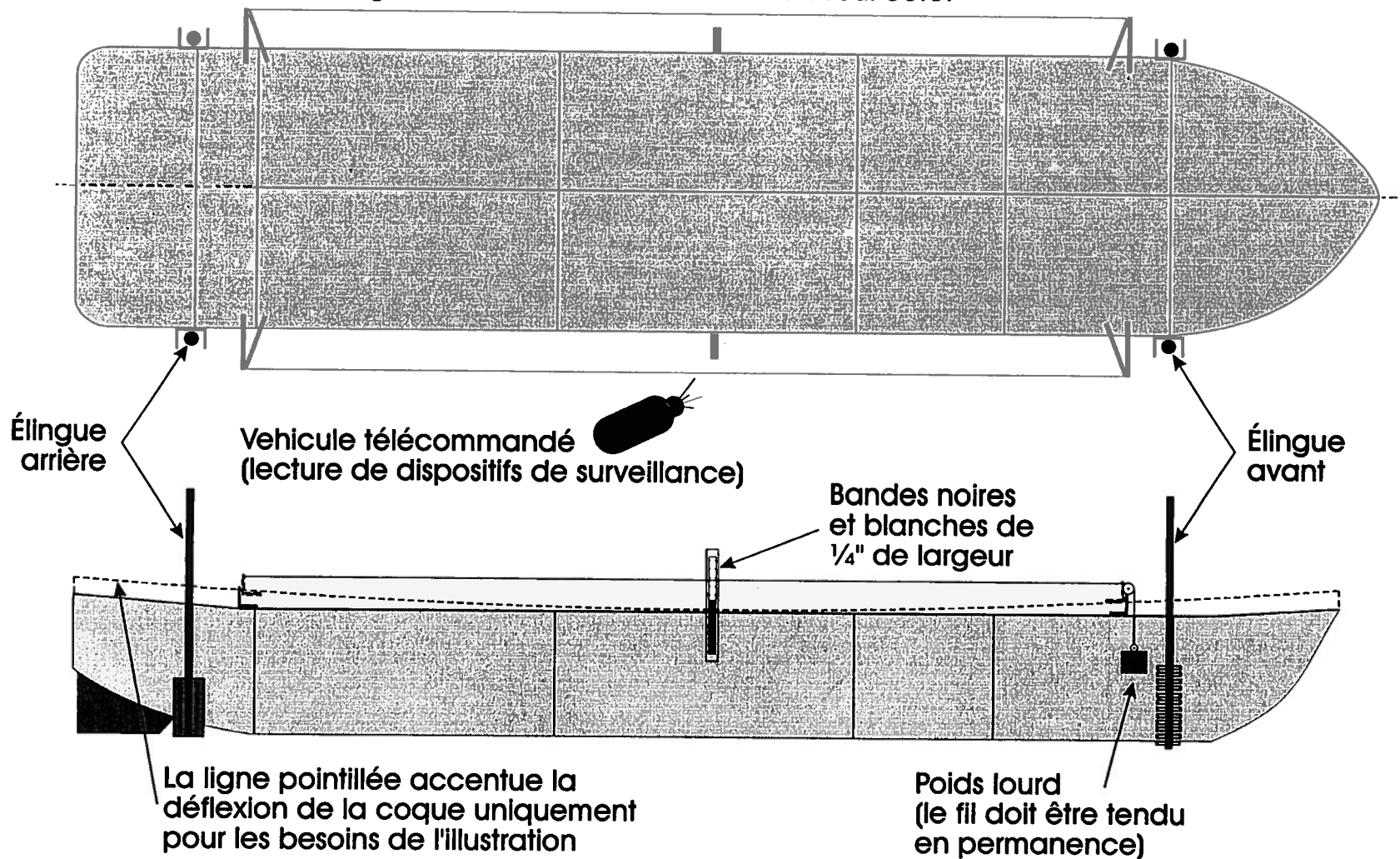


LIFT BARGE PARTICULARS

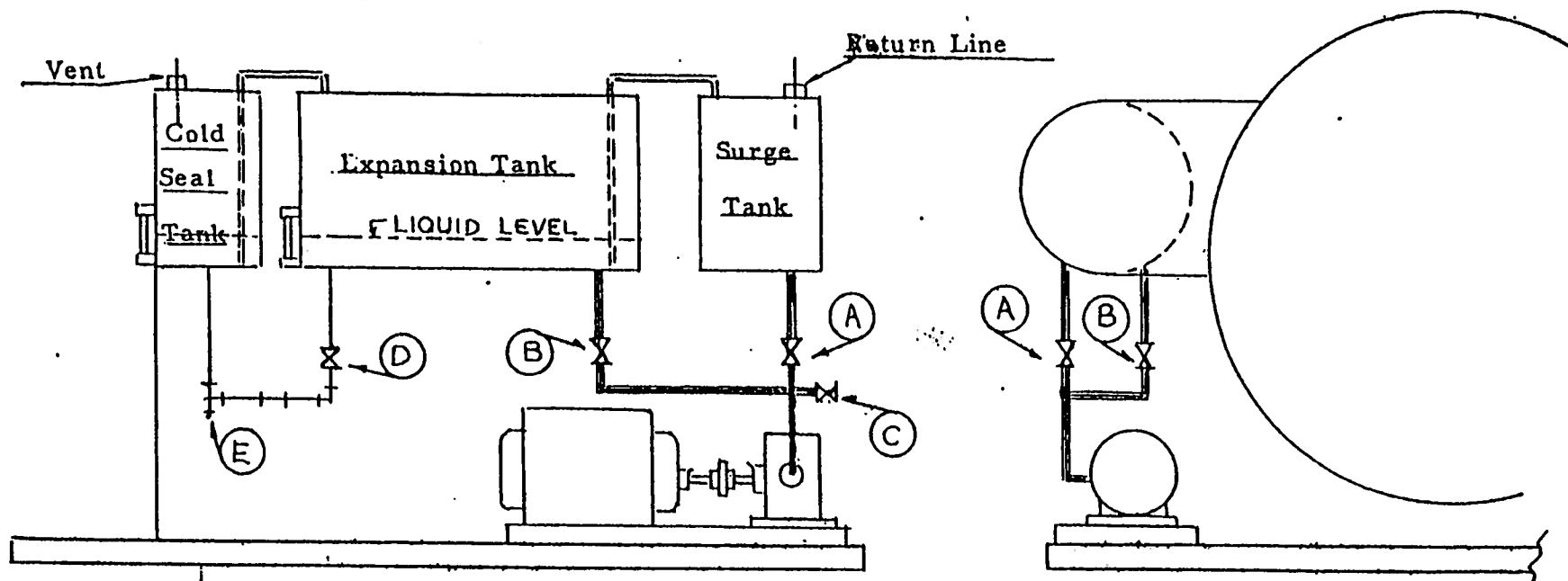
LOA	250'-0"
BREADTH	72'-0"
DEPTH	16'-0"
CAPACITY	1500 TONS

DONJON MARMAC BARGE

Des fils et des marqueurs sur les deux côtés servent à repérer toute faiblesse de structure initiale lorsque la barge sera délogée du fond marin. Une fois que la pression de la charge sera égale sur les deux élingues, assurez la surveillance d'un seul côté.



Solution de rechange : Installez en angle les barres avant et arrière en forme de «L» pour donner au fil une charge de ressort.



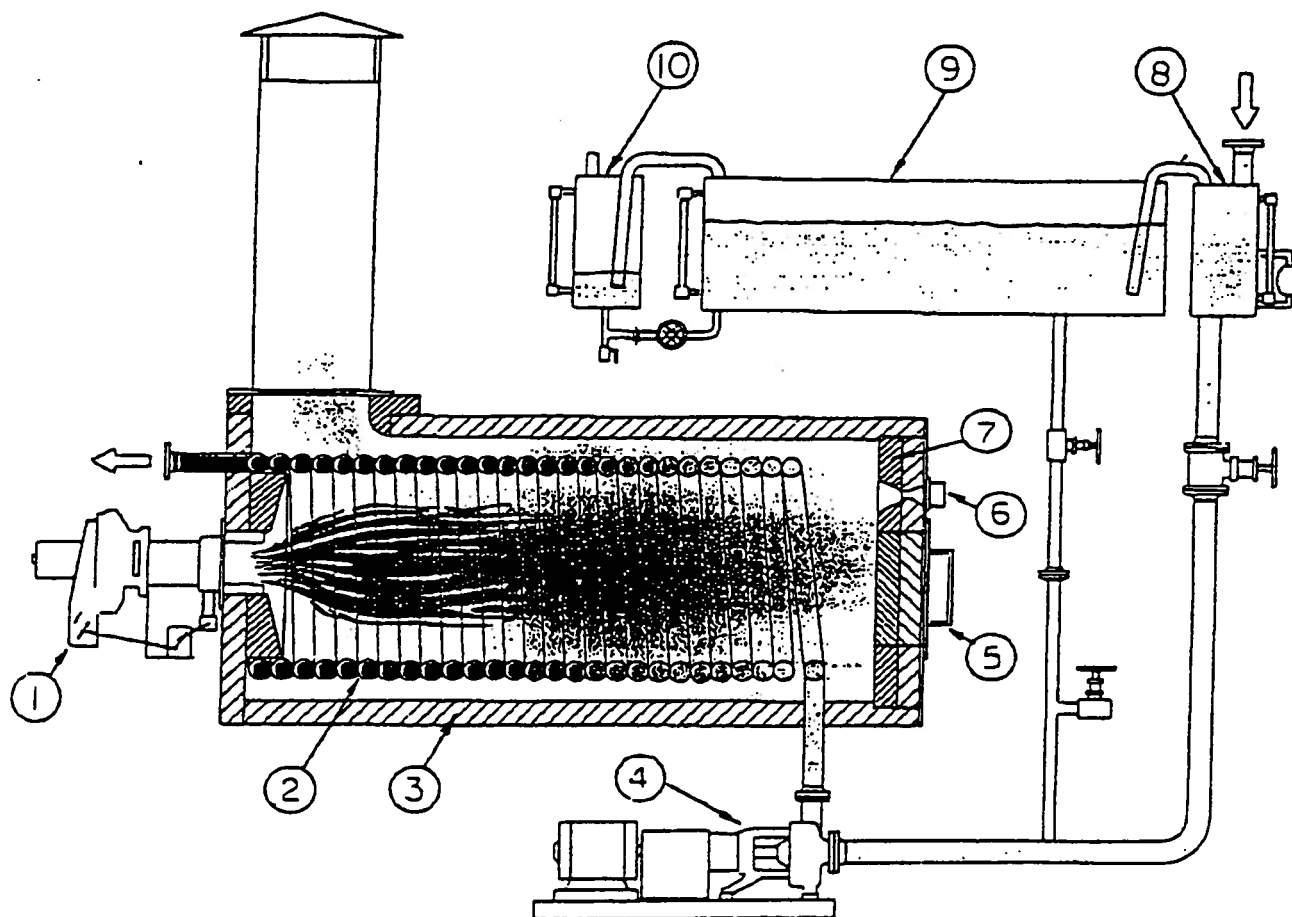
LOADING PROCEDURE

1. To load complete system attach hose to Valve "C". Then close Valve A & E. Start auxiliary rotary gear pump (furnished by customer) and after that start heater circulating pump. Load the system until heat transfer liquid overflows from surge tank into expansion tank and shows at least 3 inches of liquid level in sight glass. Shut off auxiliary pump (furnished by customer) close Valve "C" and open Valve "A". System is filled.
2. Open Valve "D" until level of expansion and cold seal tanks are equalized. Then close Valve "D".
3. To drain expansion and cold seal tanks remove plug "E" and liquid will come out by gravity.
4. To drain surge tank open Valve "C". This is done by gravity.

HOPKINS VOLCANIC SPECIALTIES, INC.
ALLIANCE, OHIO

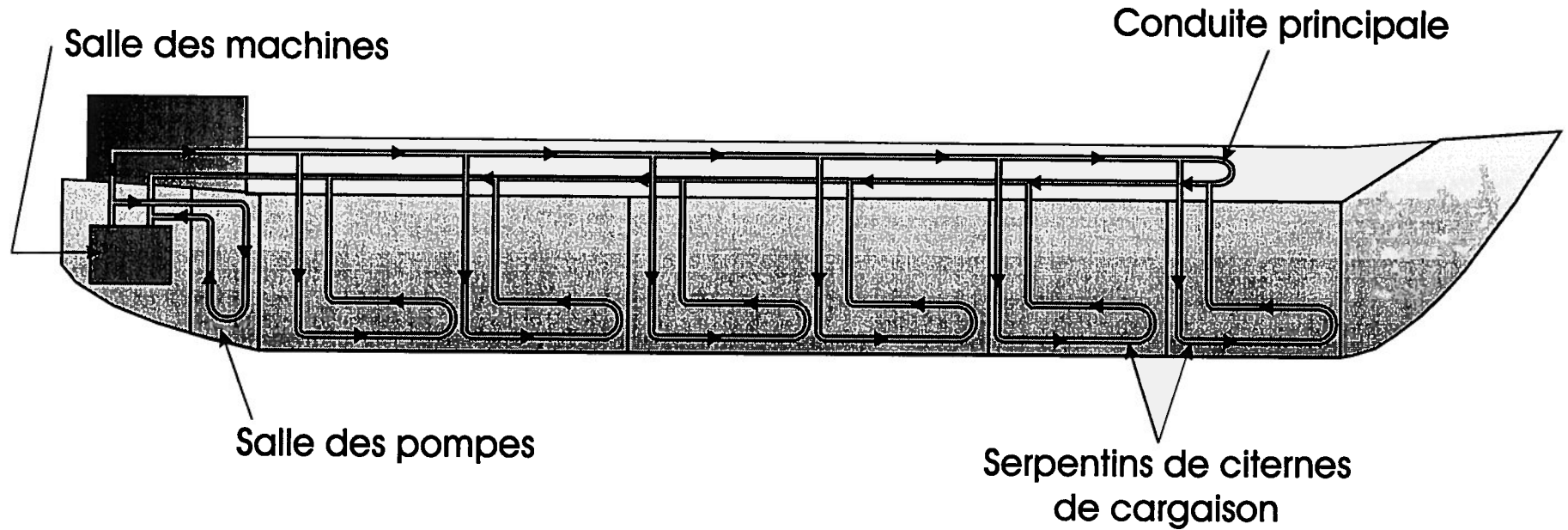
FUNDAMENTAL OPERATION

Thermal liquid from the system is pumped through the heater coil in a single pass flow to be heated by the two pass gas flow and returned to the system. Heat transfer is accomplished by radiation and convection on the inside coil surface and convection on the outside surface.



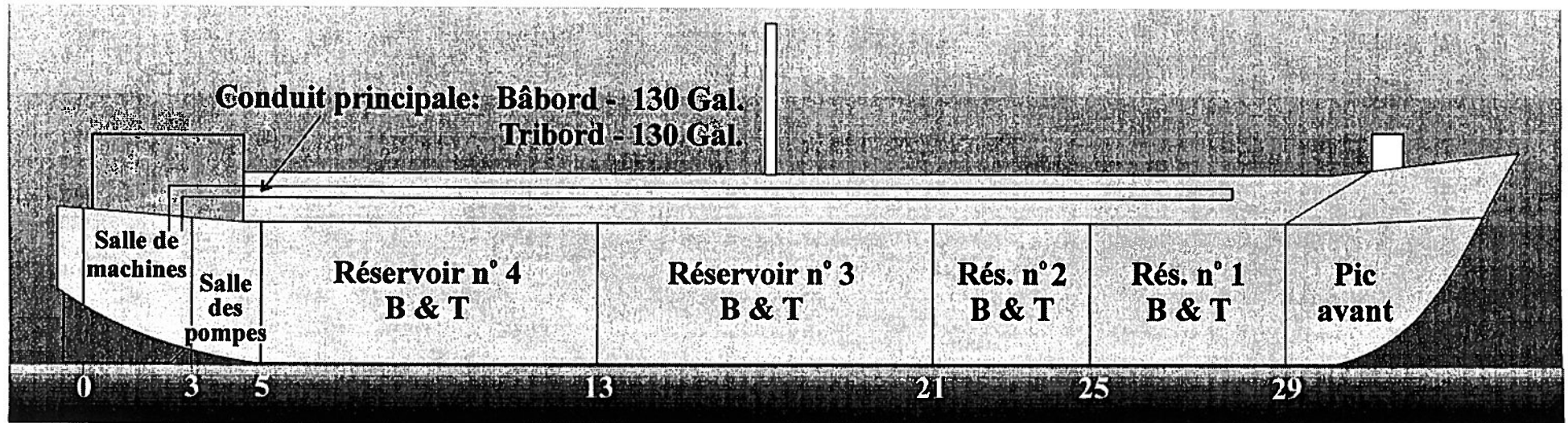
- ① **BURNER** - Selected to burn distillate, residual and gaseous fuels singularly or in combination. A combustion air blower is an integral part of the burner to provide the required air/fuel ratio. High combustion efficiency is obtained by pressure atomization of light fuel oils and high pressure air from a separate compressor module for the heavy oils. An electric pre-heater is used to heat the residual fuel oils for proper atomization. Optional controls provide burner operation up to full modulation with low fire start and up to 10:1 turn down ratio. Burners meet IRI, FM, or UL requirements.
- ② **HEAT TRANSFER SURFACE** - Schedule 40 pipe of ASTM A-53, grade B, seamless material is rolled into a helical coil and ASME code tested. The continuous pipe insures full thermal liquid flow through the entire coil. There are no stagnant areas to overheat and cause liquid decomposition.
- ③ **INSULATION** - A choice of Ceramic Fiber or Vermiculite 4" thick block is installed inside the steel plate heater shell to limit the outside shell surface temperature. Ceramic Fiber is installed inside the steel plate heater shell, attached in place with stainless steel pins and washers. This is put in place in layers. A stainless steel netting is installed and then a rigidizer is sprayed on the surface to protect against velocity of gases passing to the exit stack.
- ④ **CIRCULATING PUMP** - Either a centrifugal or a positive displacement pump is used to supply thermal liquid for the entire system - through heater, to user and return to heater. Pumps are selected to meet flow and pressure drop requirements of the system. Pumps are jacketed for water cooling when thermal liquid in the pump is above 300°.
- ⑤ **ACCESS DOOR** - Permits entrance into heater interior for maintenance inspection.
- ⑥ **OBSERVATION PORT** - Lets operator check flame pattern and fuel combustion conditions.
- ⑦ **REFRACTORY** - This light weight castable refractory resists abrasion by combustion gases as flow is reversed to convection side of coil.
- ⑧ **SEPARATION/SURGE TANK** - Velocity of thermal liquid return from system is decreased to allow any steam or air in the system to escape into the expansion tank. Particularly important during start-up of new systems.
- ⑨ **EXPANSION TANK** - As the system is brought up to operating temperature, heated thermal liquid expands into the expansion tank from the separation tank. Thermal liquids expand approximately 4% by volume for each 100°F temperature increase. When the system is shut down and the liquid cools, liquid is withdrawn from the expansion tank to maintain a filled circulating loop.
- ⑩ **COLD SEAL TANK** - The thermal liquid system is vented to the atmosphere through this tank to expel air and any steam during system start-up. A constant liquid level near the bottom of this tank acts as a barrier to minimize moisture entering the expansion tank when ambient air is pulled into the tank during system shut down and cool down period.

Schéma du système de chauffage



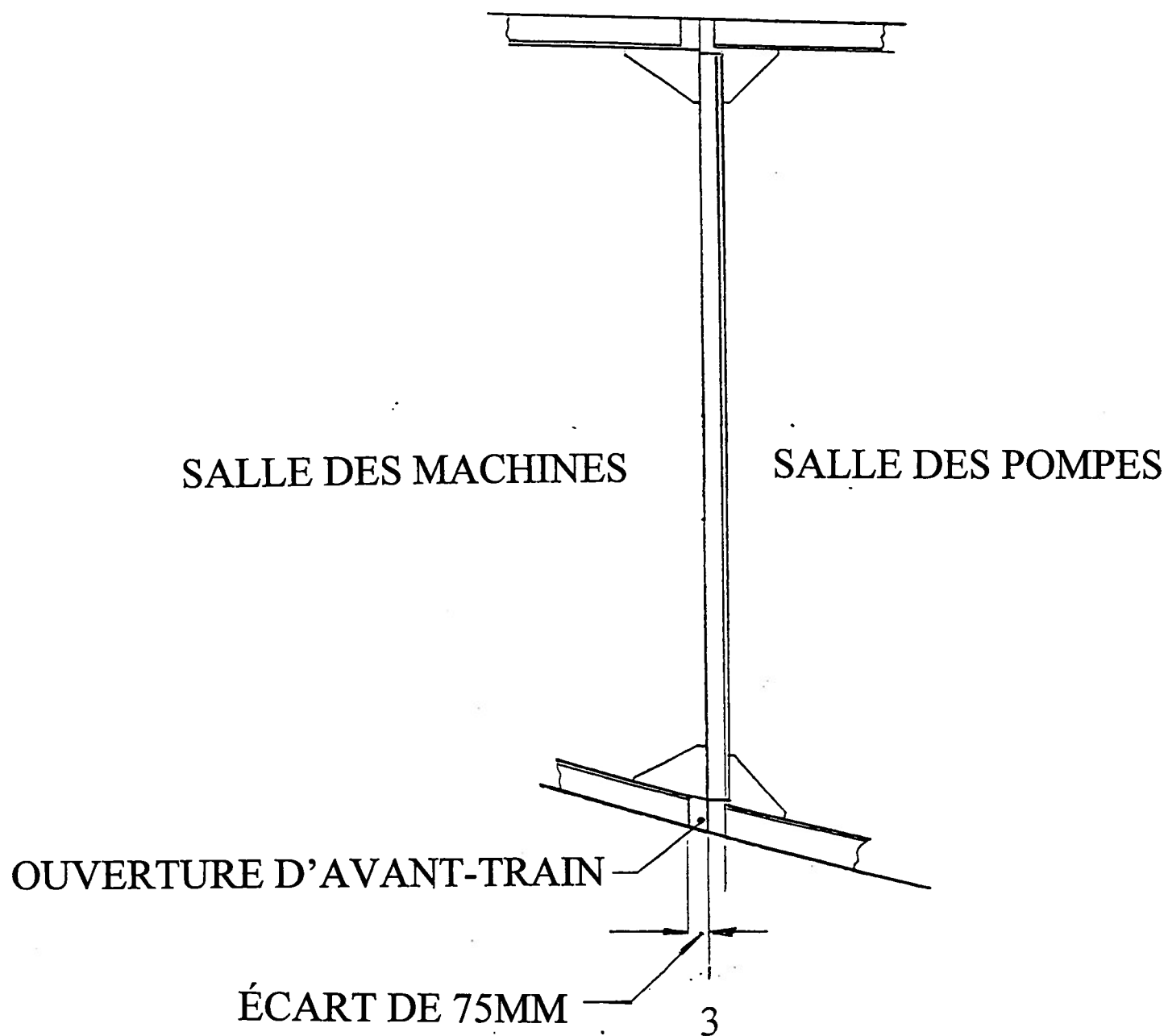
Irving Whale

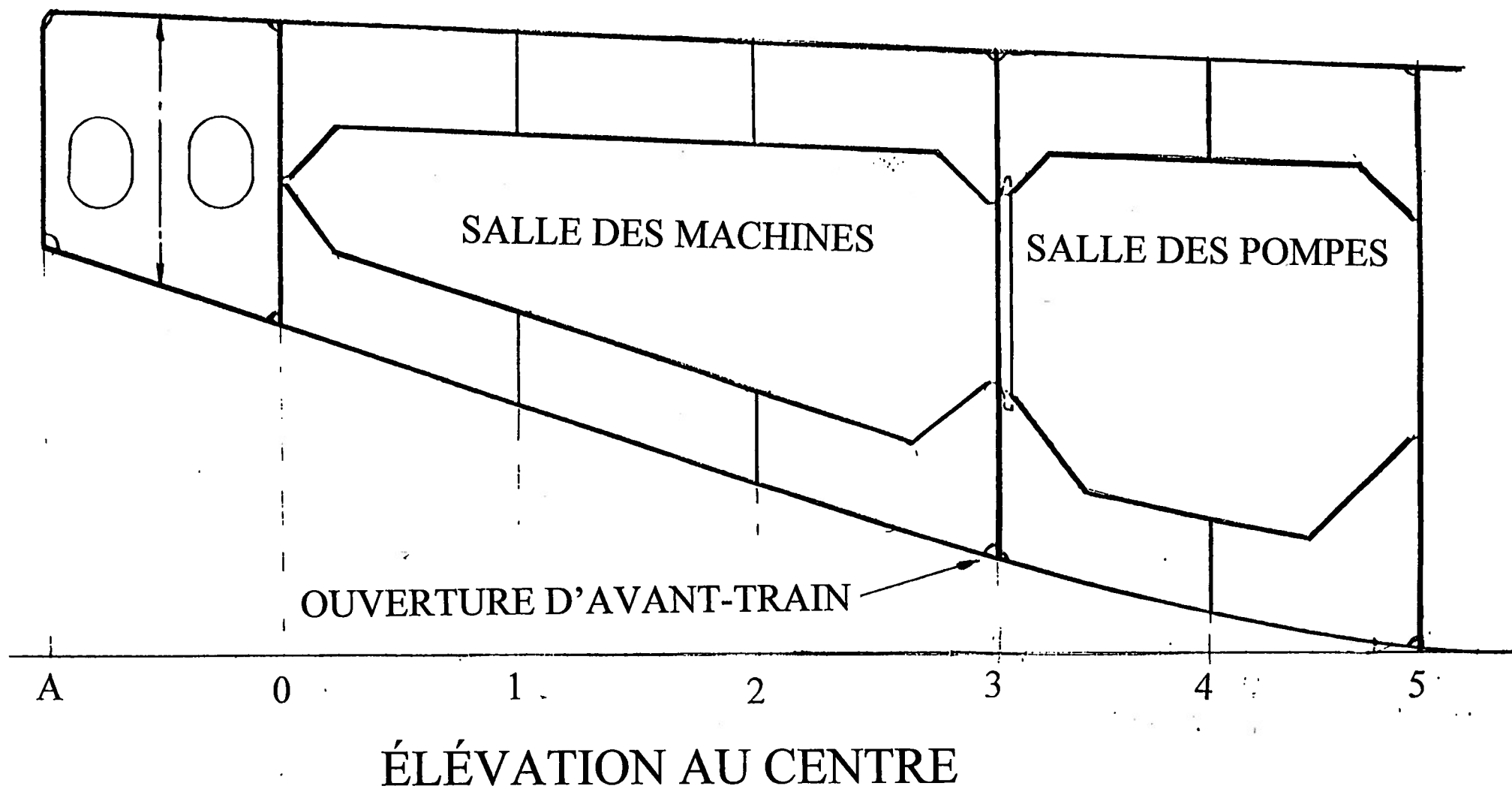
Répartition du fluide conducteur de chaleur

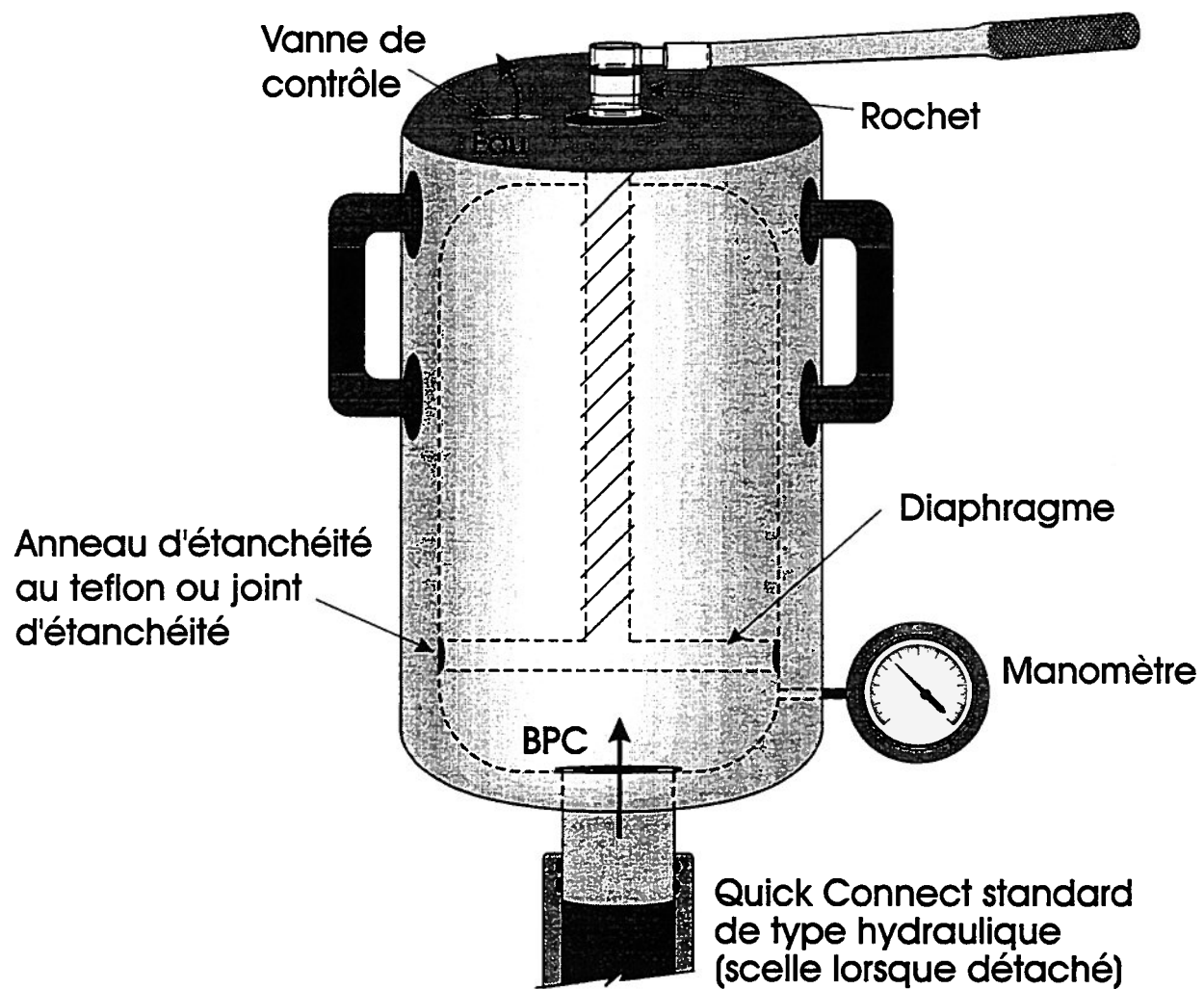


800 Gal. imp.	62 Gal. imp.	62 Gal. imp.	40 Gal. imp.	40 Gal. imp.	
16 Gal. imp.	67 Gal. imp.	67 Gal. imp.	33 Gal. imp.	33 Gal. imp.	

Volume total dans le système de chauffage: 1480 gallons impériaux







The Thames

time

4

1b

Sunday Times
8/27/78

WARNING
DANGER
UNEXPLODED
AMMUNITION
KEEP AT LEAST
500 FEET

• T
hidd
ship
yard
resor
oil r
ing i

BACK
TO
BACK

nconcerned past a
wreck of a wartime
ard. It lies just 200
two miles from the
niles from a giant
of the hulk explod-
ts.



TO VISITORS gazing out from the foreshore at Sheerness in the Thames estuary, the wreck of the American liberty boat Richard Montgomery is nothing more than one of Britain's oddest tourist attractions. And to locals, she has acquired the status of a well-known and trusted neighbour ever since she sank in 1944.

People have clambered aboard her, taken films of her, sailed round her and between her masts which are still sticking out of the water. Thieves have stripped most of the copper cable from her hull. Fishermen have used the surrounding area to dump stray bombs, shells, and other detritus of war which they catch in their nets.

The attitude is understandable. Whichall has always led people to believe that the 446ft long wreck is unlikely to explode—and that the danger is becoming even more remote with every year that passes.

Other experts, however, believe the opposite. And if the Richard Montgomery goes up, it will certainly provide one of the biggest non-nuclear explosions in history.

LYING in holds number one and two are a total of 3,173 assorted bombs—almost exactly half her original cargo. The rest was taken off in an emergency salvage operation immediately after the ship gross (tonnage 7,176) sank in 1944 in 24ft of water.

The manifest of the remaining cargo shows a lethal cocktail — 2,893 tons of bombs containing approximately 1,200 tons of TNT, 173 tons of small anti-personnel cluster fragmentation bombs equipped with an integral arming device, and 107 tons of phosphorous containers which ignite on exposure to oxygen.

The area that would be hardest hit by an explosion is Sheerness, but the Isle of Grain, with its oil refinery and storage tanks, could be another victim. Also, the fact that the Montgomery lies close to one of the busiest tanker routes in the world, means that an explosion could have some sort of "domino effect."

The Ministry of Defence itself once predicted that there could

Bernard Braine, MP for south east Essex. "It is the million to one chance that comes off." Already, there has been one near-disaster in the area, when the Spanish coaster Monteulia ploughed into a jetty of the Mobil Coryton oil complex, where the supertankers off-load. The vessel sliced through oil discharge pipes, causing a fire on the Thames and an estimated £9 million of damage to the complex and other ships.

The official line on the Montgomery is that seawater and old age are gradually rendering her bombs harmless. But this is demonstrably untrue. Whereas some explosives are hygroscopic (liable to deterioration by absorbing moisture) TNT is not, and the ship's cargo manifest shows the bombs to have been waterproofed—which means they can last indefinitely.

There are other dangers. With the gradual breaking up of the hull, decks supporting layers of bombs may collapse, resulting in bombs falling on those below.

David Cotgrove, a former government explosives researcher has established that the wreck is now split in three and



not in two, as the official version has it. This means, he says, that there are different pressures on many of the bombs. If one of them was to be squeezed, as in a vice, it could shatter and create the pressure that could cause an explosion.

There is the danger of a collision, with the Thames shipping lanes becoming more crowded. In fact, the coastguard station at Warden has already recorded 24 near-misses, and one cargo vessel has even struck the superstructure, knocking a gun-mounting sideways.

And if a tanker were to get stuck on the Montgomery at high water, what would happen when the tide went out?

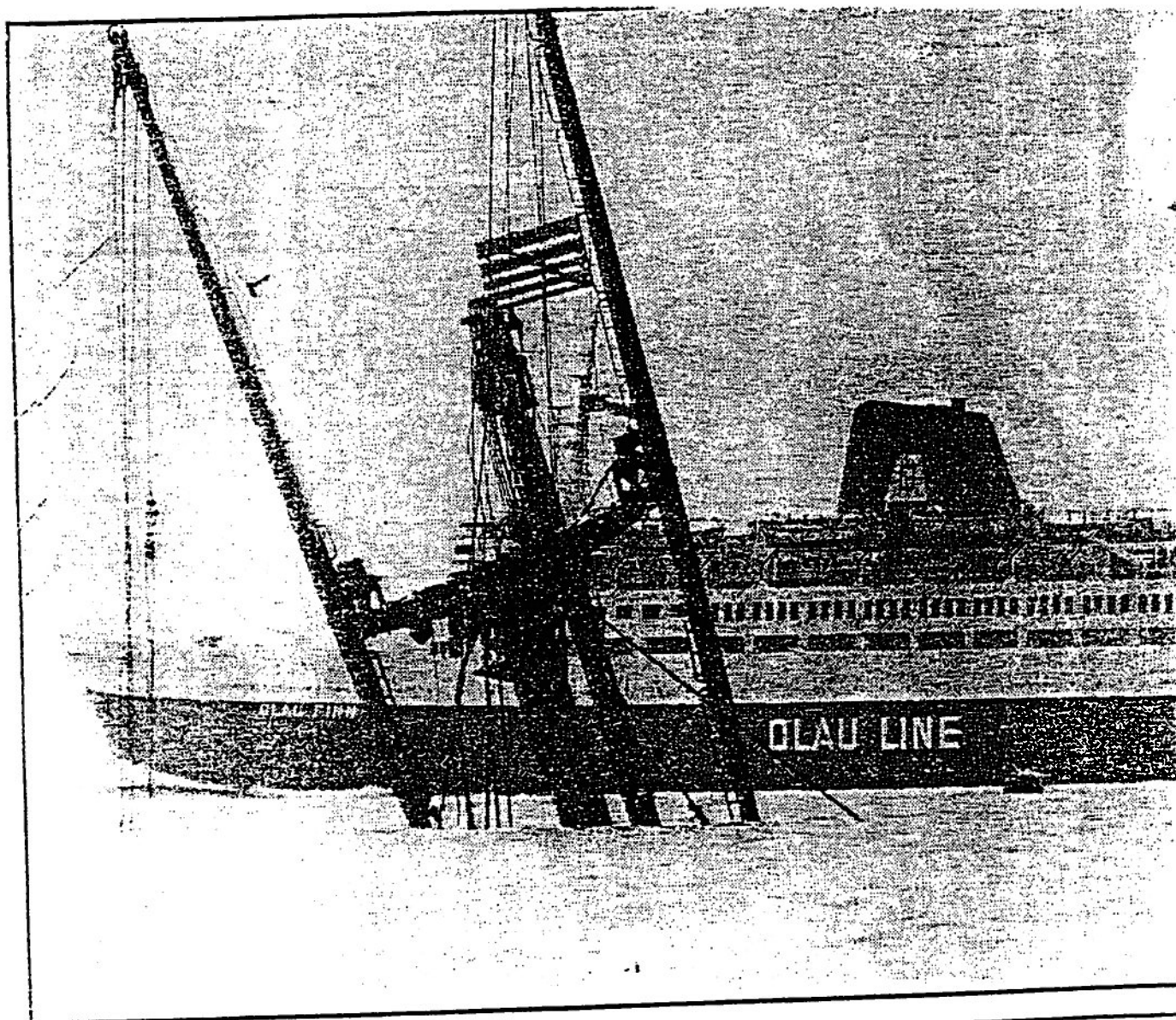
But it is danger of deliberate interference with the wreck which worries experts most. In 1969, a group of hoaxing students pretended they were going to blow it up, and in 1976, a novel (Blockbuster, by Stephen Barlay), explored the potential to terrorists offered by the Montgomery. Such visions have been dismissed as alarmist, but the fact remains that, world-wide, there have been 23 separate terrorist incidents at sea since 1974.

Trespassing on the wreck became an offence as recently as 1973, under the Protection of Wrecks Act. At present, the body principally responsible for guarding it is the Medway Ports Authority. Although its patrol boats have kept it under surveillance by radar, it is possible to get very close to the wreck without being warned off.

Many local boatmen are convinced that, under cover of darkness or in hazy weather, it is easy to climb on to the wreck undetected. One Kent police sergeant, asked about contingency plans, said: "It'll be a question of calling for our harps and haloes and praying."

THE HANDLING of the Montgomery has been bungled from the start—in fact, from the moment she first arrived in British waters. The wrecking ought never to have occurred. New evidence assembled by David Cotgrove, who has compiled an authoritative and independent report, reveals what really happened.

Continued on facing page



Continued from facing page

The ship's mission was to deliver bombs to the US air force for use after D-Day — June 6, 1944. On the night of August 20, 1944, while en route for Cherbourg in France, she sailed into the Thames estuary to await a convoy and dropped anchor less than two miles from Sheerness.

Legend has it that she went aground either at low water or as a result of a ferocious gale. Neither was the case. The weather was balmy and she hit the sandbank not only on a high tide but on a spring tide.

One attempt was made to save her. A tug captain suggested a tow. The offer was refused by the master of the stranded vessel and, less than four hours later, as the tide ebbed, the strain on her hull caused some of her welded plates to buckle and crack. Two days later, her back broke.

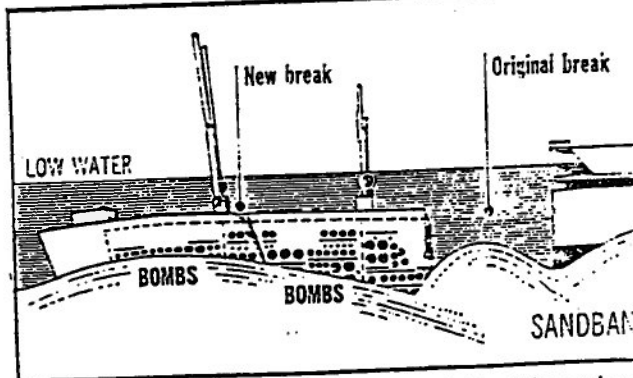
A board of inquiry, held aboard the Richard Montgomery a week ago after the stranding, heard that the look-outs of several ships had seen her swinging towards the shoal in the pre-dawn light, and had

The ship's chief officer, when asked why he did not raise the master (who was asleep in his bunk) replied: "I don't know." The board found that the master had hazarded his ship, and he and his chief officer were suspended for a year.

The board, however, did not hear the most crucial piece of evidence. When the Richard Montgomery entered the Thames estuary, she was given her mooring instructions from Southend. Recognising that her allocated berth, which shoaled to 24ft at low tide, was unsuitable for a ship with a 32ft draft, Roger Foley, the assistant harbourmaster, decided to make alternative arrangements.

As he passed his instructions to pierhead control, he was interrupted by his superior, Acting Lieutenant Commander R. J. Walmsley, who countermanded his decision, insisting that the Montgomery would be safe in the original anchorage. Foley asked for a written instruction to this effect. Two days later he was posted, and he did not attend the inquiry.

THE BUNGLING which began during the summer of 1944 is still going on today. Last week,



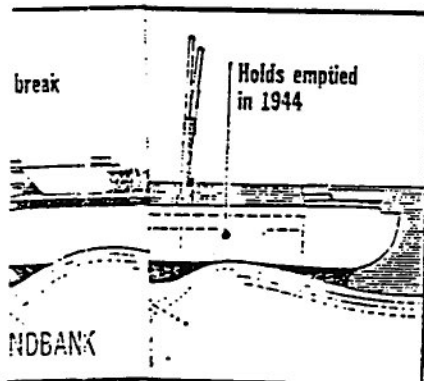
Below the masts in the photograph (top) lies this rotting

the Department of Trade revealed that a new underwater survey is about to be carried out on the wreck. One of the aims, said a spokesman, would be to establish whether the vessel — split in two when she sank — has now split again.

In fact, as already stated, proof of the second split was given six years ago by David Cotgrove. At a meeting with representatives of the department, he explained that the angle of the masts and aerial surveys had convinced him

the break had already occurred. In the face of apparent doubt, he revealed that he had sent down a diver to investigate.

The question occurs: why the department's attitude towards the Richard Montgomery has settled firmly in the negative and is thus free from any disturbance which might be caused by the bombs? It carried out last underwater survey after being told about the split. And, in March,



rotting hulk—with bombs

...ady occurred by Grant. parliamentary
arent disbelief to the department,
he had sent to Sir Bernard Braine
investigate. ...ing it. Yet a Press notice
occurs: is the exactly a year later, said:
ade essentially wreck is still in two parts
nvince people although rusted, remains
Montgomery ly sound."
in the seabed ove believes this is just
om any natural re example of the way
a might affectent departments have
carried out itscted themselves. and
urvey in 1972 ther about the Richard
out the second mery. His report on her
March. 1972, at the officially published

statements relating to the wreck
are wrong and it gives the lie to
the idea that she is becoming
progressively safer.

He says that publicity about
the wreck has been confined
largely to perpetuating a series
of myths. It was his belief that
the public were being misled
that prompted him to carry out
his own investigation with the
Southend chamber of trade. And
he was amazed to discover that
even elementary facts—such as
how many bombs there are on
board—were wrong in official
statements.

The first indication that the
wreck's removal was going to be
a far from straightforward task
came in 1952 when the Richard
Montgomery first became an
issue. Reginald Bennett, MP for
Gosport, asked the first of
dozens of parliamentary ques-
tions to be tabled on it. Was
the First Lord of the Admiralty
responsible, and what did he
intend to do? The answer, effec-
tively, was: no and nothing.
Responsibility, it seemed, lay
with the Port of London
Authority.

The authority did not ack-
nowledge this and, 18 years
later, the issue was clearly still
in doubt when the under-

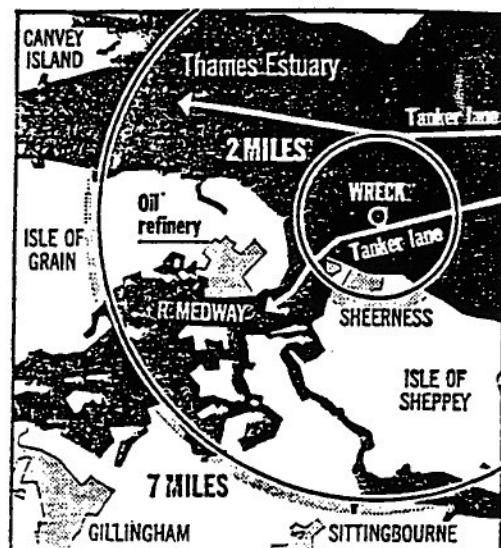
secretary of state for trade
informed Sir Bernard Braine that
responsibility lay with the Board
of Trade.

IRONICALLY, the whole prob-
lem of the Richard Montgomery
could have been solved in 1948,
only four years after she sank.
The American government com-
missioned a firm of salvage
engineers to retrieve the bombs
and dump them in deep water.
But, at the last moment, they
were advised by the British
government not to go ahead be-
cause it was feared there could
be some danger.

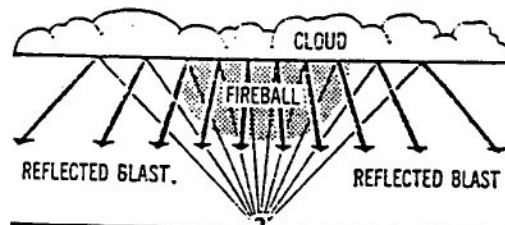
Despite this, the Americans
made another attempt. In June,
1967, they carried out a second
study and once again recom-
mended that the bombs be salvaged.
Once again, the government told
them it would be best to leave
the bombs where they were.

The probable explanation for
this decision is an incident which
occurred just after the delivery
of the American report. The
Kielce, a Polish cargo vessel,
sank in deep water three miles
off Folkestone and, with a cargo
of bombs very similar to those
on the Montgomery, blew up.
The blast caused £100,000 worth
of damage to the town.

HOW/AT LEAST WOULD STRIKE



● Circles of destruction: Within a two-mile
radius of a blast from the wreck older build-
ings and unbuttressed walls could collapse
and gas and water pipes would fracture. Up
to seven miles away windows might crack
and unsecure chimneys and roof tiles could
topple. A blast would also cause a fireball
capable of hurling large chunks of debris
more than a mile away. If an explosion
happened on a day of low cloud the effects
would be worse (see below) as the blast
would be "bounced" back downwards,
increasing the damage on the ground.



The explosion occurred when
small charges were placed
against a bulkhead in an effort
to free the bombs. The charges
had been sufficient to set off the
entire cargo.

Several official reports have
been drawn up on the Richard
Montgomery and a multitude of
solutions proposed: putting a
barrier round her, blowing her
up, towing away the bombs
underwater—even encasing her
in a concrete dome.

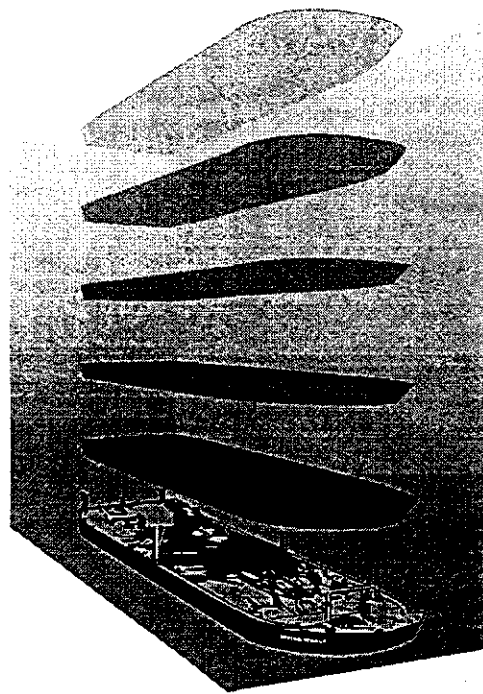
But the longer the wreck is
left, the more difficult the prob-
lem becomes. Yesterday, for the
umpteenth time, Sir Bernard
Braine demanded answers from
the Government about the
wreck. In a letter to Stanley
Clinton Davies, under secretary
of state for trade, he asked
whether its security could be
guaranteed. That Sir Bernard
will have any luck is unlikely.

"If this boat had gone down
opposite the House of Commons,
something would have been
done", says David Cotgrove.
"How far down the river do
you have to go before a danger-
ous wreck becomes acceptable?"

● Photographs by Duncan
Baxter; graphics by John Grim-
wade; extra research by Doreen
May and Michael Kerr.



ANNEXE B



**ANALYSE DE LA CONTRAINTE DE
FLEXION:
HERBERT ENGINEERING, 1996**



**Analyse de la contrainte de flexion
pour le renflouement
de la barge
*Irving Whale***

pour

**Transports Canada
La garde côtière canadienne
Sécurité des navires, Région de l'Atlantique
Dartmouth, N.-É.
B2Y 4K2**

HERBERT ENGINEERING CORP.

98 Battery Street, Suite 500 San Francisco CA 94111
Téléphone : (415) 296-9700 • Télécopieur : (415) 296-9763
Courrier électr. : HEC@mcimail.com

**Le 23 février 1996
Rapport HEC 9607**



Table des matières

Page	
	Table des matières
2	Considérations d'ordre général
2	Résultats
4	Hypothèses de calcul
4	Références
	Annexes
	<i>Frame Spacing Table</i>
	<i>Hull Offsets</i>
	<i>Compartment Description</i>
	<i>Comparison of Hydrostatic Data</i>
	<i>Comparison of Compartment Volumes and Centers</i>
	<i>Lightship Weight Distribution</i>
	<i>Section Modulus Calculation - Midships</i>
	<i>Section Modulus Calculation - FR 29</i>
	<i>Calculation Documentation - Case 1 - two point lift, 5% corrosion</i>
	<i>Calculation Documentation - Case 2 - two point lift, 50% damage</i>
	<i>Calculation Documentation - Case 2 with oil escaped</i>
	<i>Calculation Documentation - Case 3 - pre-sinking</i>
	<i>Calculation Documentation - Case 4 - wave plus still water</i>

Considérations d'ordre général

Suivant la lettre d'autorisation du 25 janvier 1996 (référence 1) de M. W.J. Vickery, de l'équipe de récupération du *Irving Whale*, Herbert Engineering Corp. a mené une étude de la contrainte de flexion de la poutre-coque principale en vue de l'opération de renflouement.

D'après cette source, les calculs suivants ont été effectués :

1. La contrainte de flexion maximale durant le renflouement en deux points aux cadres 3 et 29 (en présupposant une perte due à la corrosion de 5 p. cent dans le blindage de la coque et du pont).
2. La contrainte de flexion maximale durant le renflouement en deux points aux cadres 3 et 29 (en présupposant des dommages de rupture de 50 p. cent au fond du bâtiment en plus d'une perte due à la corrosion de 5 p. cent dans le blindage de la coque et du pont).
3. La contrainte de flexion maximale en eaux stables (en l'état précédant le naufrage, le 7 septembre 1970).
4. La contrainte de flexion maximale (vagues plus eaux stables, en l'état précédant le naufrage).

Résultats

En général, nos calculs confirment les résultats de l'analyse menée antérieurement par la Garde côtière canadienne (référence 9). On trouvera ci-dessous les résultats des calculs.

1. Le poids de levée total de la barge est évalué à 750 tonnes longues. Le renflouement de la barge en utilisant des élingues aux cadres 3 et 29 produira des charges d'environ 350 tonnes longues au point de levée avant, et d'environ 400 tonnes longues au point arrière. Le moment de flexion et d'affaissement statique résultant a été établi par ordinateur à 10 450 tonnes longues/pied, ce qui correspond à une contrainte de flexion de 1,4 tonnes longues/ po^2 , en présupposant une corrosion globale de la structure de 5 p. cent.
2. L'état statique correspondant, en présupposant des dommages additionnels de 50 p. cent au fond du bâtiment, aurait pour résultat une contrainte de flexion de 2,4 tonnes longues/ po^2 .

Dans les deux cas présentés ci-dessus, il est présumé que le mazout demeurant à bord du bâtiment correspond aux calculs fondés sur les interfaces entre le mazout et l'eau établies par les études en plongée antérieures. L'étendue des pertes additionnelles de mazout de la coque n'a pas été déterminée. La cargaison de mazout à bord du bâtiment assure une certaine flottabilité entre les points de levée, qui agit de manière à réduire la contrainte de flexion et d'affaissement. Afin de fixer une limite supérieure prudente de la contrainte de levée statique, un autre calcul fut effectué qui ne prenait pas en compte les effets bénéfiques du mazout. Ce calcul présuppose que tous les contenus des citernes se sont échappés et que ces espaces sont remplis d'eau de mer. Dans ce cas, la

charge de levée augmenterait à environ 840 tonnes longues et la contrainte de flexion augmenterait de même à 3,0 tonnes longues/po², selon l'hypothèse prévoyant des dommages de 50 p. cent au fond du bâtiment et d'une corrosion globale de 5 p. cent.

3. Il n'est pas possible de déterminer l'état de charge précis du bâtiment avant le naufrage, faute d'informations exactes et non contradictoires. Notre évaluation de l'état du *Irving Whale* avant le naufrage indique des moments de flexion en eaux stables se situant entre 8 000 et 9 000 tonnes longues/pied, ce qui engendre des contraintes d'environ 1 tonne longue/po².
4. Les approximations de la contrainte de flexion maximale sous les vagues peuvent être faites à l'aide de nombreuses méthodes qui sont toutes reliées à la hauteur « standard » présumée des vagues que le bâtiment aura à rencontrer. La valeur traditionnellement utilisée est «longueur/20», laquelle peut cependant s'avérer quelque peu faible pour les petits bâtiments. D'autres valeurs souvent utilisées sont 1,1 x racine carrée (longueur), ou 0,6 x L^{0,6}. L'analyse présente utilise 1,1 $\sqrt{L}$ pour la détermination de la hauteur des vagues « standard », étant donné que cette formule est plus conservatrice pour cette longueur. Le résultat, pour une hauteur des vagues légèrement inférieure à 18 pieds, mène à une contrainte de flexion totale, eaux stables et vagues combinées, d'environ 4,0 tonnes longues/po².

La barge est construite en acier doux standard dont on suppose que la contrainte de fléchissement est d'environ 15 tonnes longues/po². Pour des situations d'accident et de sauvetage où la force ultime du bâtiment peut être dégradée par des dommages et des fêlures, des contraintes supérieures à 50 p. cent du fléchissement (7,5 tonnes longues/po²) devraient être évités. Dans des situations de sauvetage où la coque est en raisonnablement bon état (c'est-à-dire, où les concentrations de contrainte sont minimales), des contraintes de travail de l'ordre de 10 tonnes longues/po² sont souvent utilisées.

Hypothèses de calcul

Tous les calculs sont fondés sur les informations fournies dans la liste de références.

Les modèles de la coque et des compartiments, ainsi que les propriétés structurales de la coque, ont été déterminés séparément, en utilisant les références originales du chantier naval.

La distribution du poids du bâtiment allège a été établie en utilisant les données de la référence 5, et sa vraisemblance fut vérifiée suivant des hypothèses traditionnelles.

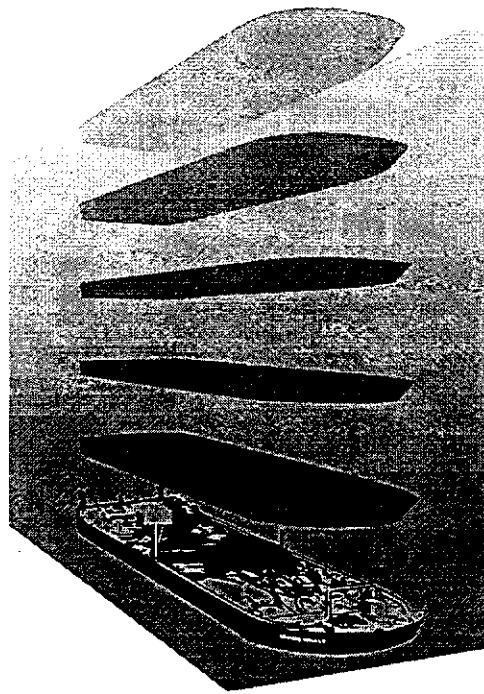
Les perméabilités des compartiments inondés furent fondées sur les volumes des compartiments, des évaluations traditionnelles, et les calculs des volumes d'acier structural dans les compartiments.

Tous les calculs ont été faits en utilisant notre logiciel d'analyse HECSALV. HECSALV est un ensemble de logiciels de modélisation et d'analyse largement utilisés par les sociétés de classification (Lloyd's Register, American Bureau of Shipping, Germanischer Lloyd), des organismes gouvernementaux (garde côtière américaine, marines américaine et britannique, US National Transportation Safety Board, etc.), de nombreuses grandes sociétés pétrolières (Amoco, BP, Chevron, Exxon, Mobil, Shell, Texaco, Unocal et Vela), de même que par des armateurs indépendants, des concepteurs de navires et des entreprises de sauvetage. HECSALV a été élaboré spécialement en vue de l'analyse de problèmes de sauvetage et d'accident complexes.

Références

1. Lettre de Transport Canada, W.J. Vickery à K. Michel, Herbert Engineering Corp., 25 janvier 1996.
2. Dispositions générales, Bâtiment no 1082, Saint John Shipbuilding and Dry Dock Co. Ltd.
3. Profil et Ponts, Bâtiment no 1082, Saint John Shipbuilding and Dry Dock Co. Ltd.
4. Section du milieu, Bâtiment no 1082, Saint John Shipbuilding and Dry Dock Co. Ltd.
5. Plans, Bâtiment no 1082, Saint John Shipbuilding and Dry Dock Co. Ltd.
6. Irving Whale, Calibration Tables, Hydrostatic & Trim Conditions.
7. Pre-Sinking Condition Estimate, sept. 1970.
8. Survey Report, Cargo Tank Loading, 12 janvier 1994.
9. Irving Whale Salvage Operation, Calculation Booklet for Two-Point Lift.

ANNEXE C



**CONSÉQUENCES POTENTIELLES D'UN
DÉVERSEMENT DE BPC PROVENANT
DE LA BARGE IRVING WHALE
SUR LE MILIEU MARIN
DU GOLFE DU SAINT-LAURENT:
DIRECTION DES SCIENCES DU MPO,
1996**



**Conséquences potentielles
d'un déversement de BPC provenant de la barge *Irving Whale*
sur le milieu marin du golfe du Saint-Laurent**

**Contribution du secteur des Sciences du MPO
à l'évaluation complémentaire des impacts environnementaux
du projet de renflouage de l'*Irving Whale***

Direction des sciences
Région Laurentienne
Institut Maurice-Lamontagne

et

Direction des sciences
Région des Maritimes
Centre des pêches du Golfe et
Institut océanographique de Bedford

Février 1996



AVANT-PROPOS

Dans le but de documenter les conséquences potentielles sur l'environnement marin du golfe du Saint-Laurent d'un déversement de BPC provenant de la barge *Irving Whale*, les scientifiques du ministère des Pêches et des Océans (MPO) et du ministère de l'Environnement (MDE) ont collaboré à la préparation du présent document scientifique consultatif. L'objectif du rapport est de fournir des informations scientifiques de base sur ce sujet particulier, dont devront tenir compte les décideurs lors de la préparation de l'évaluation environnementale complémentaire du projet de renflouage de l'*Irving Whale*. Le document est le résultat d'un processus amorcé par la tenue d'un atelier scientifique sur le sujet à Moncton (Nouveau-Brunswick) à la fin décembre 1995, et fait état des préoccupations exprimées aux représentants du gouvernement fédéral lors de rencontres publiques tenues à divers endroits dans les provinces de l'Atlantique et au Québec en janvier 1996.

La portée du rapport se limite au mandat du secteur des Sciences du MPO et ne traite que des impacts environnementaux potentiels d'un déversement de BPC sur les ressources marines et sur l'habitat du poisson. Le document sera transmis aux autorités fédérales responsables de la mise en application du Décret sur les lignes directrices visant le PÉEE, relativement au projet de renflouage de l'*Irving Whale*. L'information présentée dans le présent document pourra être utilisée lors de la préparation de l'évaluation environnementale complémentaire du projet de renflouage dans le cadre du PÉEE.

Des versions préliminaires du présent document ont été revues par des experts et des scientifiques du MPO et du MDE, ainsi que par des experts extérieurs au gouvernement. Cette version finale reflète l'avis du secteur des Sciences du MPO concernant l'enjeu des BPC et ne traduit pas nécessairement ceux des experts non gouvernementaux qui ont été consultés.



Ross Alexander
MPO, Région des Maritimes



Jean Piuze
MPO, Région Laurentienne

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Direction (MPO)	R. Alexander (Maritimes) J. Piuze (Laurentienne)	
Préparation et Édition (MPO)	M. Gilbert (Laurentienne) G. Walsh (Laurentienne)	
Collaborateurs (MPO)	J. Arsenault (Maritimes) S. Bastien-Daigle (Maritimes) J. Bunch (Administration centrale) D. Cyr (Laurentienne) W. Fairchild (Maritimes) C. Gobeil (Laurentienne)	B. Hargrave (Maritimes) G. Harding (Maritimes) M. Lebeuf (Laurentienne) D. Lefaivre (Laurentienne) A. Niimi (Centre et Arctique)
Collaborateurs (MPO - GCC)	J. Kean-Howie (Maritimes)	
Collaborateurs (MDE)	W.S. Dewis (Atlantique) K.G. Doe (Atlantique) W.R. Ernst (Atlantique) M. Fingas (RCN)	P. Hennigar (Atlantique) V. Jarry (Québec) R. Percy (Atlantique)
Autres collaborateurs	T. King (MPO - Maritimes) J. Leclerc (MPO - Laurentienne) G. Sirois (MPO - Maritimes)	E. Theriault (MDE - Atlantique) J. Uthe (MPO - Maritimes)

SOMMAIRE

Ce document fournit des conseils scientifiques sur les impacts potentiels d'un déversement de BPC provenant de la barge *Irving Whale* sur l'environnement marin du golfe du Saint-Laurent. Bien que toutes les informations disponibles aient été obtenues pour évaluer les impacts potentiels d'un déversement de BPC, le peu de données sur les BPC dans le Golfe ainsi que les limitations des modèles utilisés indiquent que c'est l'ordre de grandeur des résultats qu'il faudra considérer, et non la valeur des résultats.

Deux méthodes indépendantes ont été utilisées pour calculer un bilan de masse des BPC pour le système de l'Estuaire et du Golfe. L'estimé obtenu pour la charge totale actuelle de BPC dans l'Estuaire et le Golfe est de l'ordre de 72 à 85 tonnes métriques (T), dont plus de 80 % seraient associés aux sédiments. Les BPC initialement contenus dans la barge (7,25 T) représenteraient donc de 8 à 10 % environ de la charge totale estimée.

Trois différents scénarios de déversement possible des BPC provenant de l'*Irving Whale* ont été examinés, soit : 1) un écoulement faible, intermittent ou continu, des BPC contenus dans la barge; 2) un déversement important de BPC provenant de la barge près du fond; et 3) un déversement important de BPC provenant de la barge dans les eaux de surface. Le premier scénario pourrait se produire si aucune mesure d'intervention n'est prise tandis que les second et troisième scénarios sont reliés aux opérations de renflouage de la barge. Le présent rapport examine le devenir possible des BPC ainsi que leurs impacts potentiels pour chacun des trois scénarios.

Scénario 1: Écoulement faible, intermittent ou continu, des BPC contenus dans l'*Irving Whale*

Les observations récentes au voisinage de l'*Irving Whale* montrent que des BPC pourraient s'être écoulés au moins deux fois ou possiblement de façon continue depuis 25 ans. Un écoulement faible, intermittent ou continu, de BPC de l'*Irving Whale* pourrait se poursuivre ou éventuellement se produire si la barge est laissée dans son état actuel. Le cas échéant, ses impacts potentiels correspondraient à ceux observés actuellement, soit la contamination des sédiments au voisinage de la barge, avec des niveaux diminuant exponentiellement en fonction de la distance de la barge, et la contamination locale des organismes benthiques à l'intérieur d'un rayon de 2 km autour de la barge, mais à des concentrations inférieures aux normes canadiennes pour les contaminants chimiques dans le poisson et les produits du poisson ($2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Ces effets pourraient persister pour plusieurs décennies selon la quantité résiduelle de BPC dans la barge et leur taux d'écoulement. À long terme, les BPC déversés seraient dispersés loin de la barge et éventuellement dans l'ensemble du Golfe à travers les mécanismes de dissolution, de transport des sédiments et de bioaccumulation dans les chaînes alimentaires. Une certaine proportion des BPC s'évaporerait éventuellement dans l'atmosphère ou s'accumuleraient dans les sédiments du chenal Laurentien, et une autre partie seraient transportés hors du Golfe à travers le détroit de Cabot.

Scénarios 2 et 3: Déversement majeur de BPC provenant de l'*Irving Whale*

Le déversement de grandes quantités de BPC dans l'environnement a été modélisé. Des déversements de BPC se produisant près du fond ou dans les eaux de surface ont tout deux été simulés pour deux écoulements hypothétiques de 1 200 kg (un déversement réaliste correspondant à la quantité de BPC initialement contenus dans le système externe de tuyauterie principale) et de 7 250 kg (correspondant au pire scénario). Les simulations d'un déversement de BPC à proximité du fond (2 m) ont généré les résultats suivants : on s'attend à ce que tous les BPC sédimenteraient au fond en moins de 5 minutes, puis s'étaleraient initialement sur une superficie estimée à $2\,600 \text{ m}^2$, et ce, indépendamment de la quantité déversée; les concentrations dans les sédiments à l'intérieur de la zone d'étalement initial pourraient osciller entre 40 et $170\,000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et entre 300 et $550\,000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pour des déversements de BPC de 1 200 et de 7 250 kg, respectivement.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Les simulations d'un déversement dans les eaux de surface montrent que les BPC sédimenteraient probablement rapidement dans la colonne d'eau et atteindraient le fond en deux heures environ. Les BPC se sépareraient probablement en gouttelettes de diverses tailles dont les plus grosses ne mettraient que cinq minutes pour atteindre le fond. Pendant la sédimentation des BPC dans la colonne d'eau, une petite fraction pourrait se dissoudre dans les eaux environnantes. Selon les courants locaux, les BPC seraient probablement dispersés en direction sud-est durant leur sédimentation et se déposeraient sur une superficie d'environ 500 000 m². Les concentrations dans les sédiments à l'intérieur de la zone d'étalement initial pourraient osciller entre 1 et 3 400 µg·g⁻¹ et entre 3 et 20 000 µg·g⁻¹ pour des déversements de BPC de 1 200 et de 7 250 kg, respectivement.

Les concentrations attendues à l'intérieur de la zone d'étalement initial à la suite d'un déversement pourraient avoir des impacts biologiques. On pourrait alors observer les impacts à court terme suivants: 1) des effets létaux aigus sur les organismes vivant en étroite association avec des sédiments hautement contaminés (> 1000 µg·g⁻¹); et 2) la bioaccumulation de BPC dans les organismes benthiques au voisinage de la zone contaminée, à des concentrations probablement suffisantes pour causer des effets sous-létaux chroniques. Toutefois, les impacts sur le biote ne seraient probablement pas observés à plus de 10 km environ à l'extérieur de la zone de sédiments hautement contaminés. Bien qu'un rayon de 10 km à l'extérieur de la principale zone de contamination ne soit qu'une approximation grossière, cette distance est jugée suffisamment grande pour circonscrire la zone à l'intérieur de laquelle seraient confinés les impacts à court terme décrits ci-dessus. Un déversement de BPC se produisant à proximité de la surface aurait probablement des impacts à court terme semblables, mais sur une plus grande superficie. Les BPC déversés en surface pourraient également causer des mortalités chez les stades larvaires d'invertébrés et de poissons qui sont associés à la communauté planctonique dans la zone immédiate du déversement, plus particulièrement les oeufs et les larves de maquereau au cours de l'été. Toutefois, ces impacts ne se manifesteraient que sur une courte période (une heure) et dans un rayon étroit en surface autour de la barge (environ 100 m).

À long terme, les BPC déversés de l'*Irving Whale* seraient probablement dispersés à travers deux principales voies, soit : 1) une dispersion à l'échelle locale où les BPC associés aux sédiments au fond seraient transportés loin de la barge par le déplacement de ces sédiments, à une vitesse estimée à 19 m·mo⁻¹; et 2) une dispersion à grande échelle où une certaine fraction des BPC seraient transférés des sédiments à la colonne d'eau par dissolution et adsorption aux particules fines. Ces BPC seraient transportés avec les masses d'eau à une vitesse de 24 km·mo⁻¹ et atteindraient, après cinq ou six mois, le chenal Laurentien. La plus grande partie de ces BPC s'accumuleraient dans les zones principales de dépôt des sédiments de l'Estuaire et du Golfe, essentiellement dans le chenal Laurentien; une fraction serait exportée jusque dans l'océan Atlantique avec les eaux qui quittent le Golfe par le détroit de Cabot; une certaine quantité de BPC s'accumuleraient dans les chaînes alimentaires de toutes les zones vers lesquelles ils seraient transportés; et une petite fraction s'évaporerait dans l'atmosphère. La biodisponibilité des BPC déversés de l'*Irving Whale* s'étendrait graduellement à la plupart des régions du Golfe, mais l'importance de cette charge additionnelle de BPC dans la chaîne alimentaire diminuerait rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloignerait de la barge, principalement en raison des processus de dilution.

Un certain nombre de ressources halieutiques locales pourrait accroître leur charge en BPC au delà de la norme canadienne de 2 µg·g⁻¹, en raison des processus de bioaccumulation subséquents à un déversement de BPC provenant de l'*Irving Whale*. La pêche du crabe des neiges dans les régions hauturières du sud-ouest du golfe du Saint-Laurent serait la plus vulnérable, la barge étant située dans une importante zone de pêche de cette espèce. Les poissons de fond de la région, notamment la morue, la merluche blanche, l'aiguillat commun et plusieurs espèces de poissons plats, pourraient également être touchés par la bioaccumulation accrue de BPC, mais probablement dans une moindre mesure que le crabe des neiges en raison de leur plus grande mobilité et de leur temps de séjour plus court dans la zone. Bien qu'un estimé de l'étendue spatiale de la contamination en BPC des organismes dépassant la norme canadienne ne puisse être calculé, on peut toutefois affirmer qu'un tel risque diminuerait au fur et à mesure que l'on s'éloignerait de la source de contamination. Les espèces dont la répartition spatiale est confinée aux régions côtières peu profondes ne seraient vraisemblablement pas

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

susceptibles d'augmenter leur charge en BPC à un niveau supérieur aux limites acceptables à la suite d'un déversement, compte tenu de la principale voie de dispersion prévue des BPC, soit vers le chenal Laurentien. Les possibilités de bioaccumulation accrue des BPC, si elles existent, dans les ressources halieutiques présentes dans d'autres régions du Golfe et de l'Estuaire à la suite d'un déversement possible de l'*Irving Whale* seraient vraisemblablement négligeables.

Les mammifères marins fréquentant l'Estuaire et le Golfe pourraient augmenter quelque peu leur charge en BPC à long terme à la suite d'un déversement provenant de l'*Irving Whale*. Les pinnipèdes qui passent l'été dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent, soit les phoques communs et les phoques gris, constituent probablement les mammifères marins les plus menacés, étant donné leur abondance et leur présence à l'année longue dans ce secteur. Le risque pour les cétacés est difficile à évaluer étant donné que leur abondance, leur distribution et leurs habitudes alimentaires dans la plupart des secteurs du Golfe ne sont pas bien connues. Néanmoins, les mammifères marins sont des prédateurs supérieurs dans l'écosystème du Golfe et, par conséquent, la possibilité qu'il accumulent ultimement des BPC provenant de la barge à la suite d'un déversement ne peut être écartée.

Programme de surveillance

L'élaboration d'un protocole détaillé de surveillance dépasse la portée du présent document. Toutefois, il existe un manque général d'informations sur les BPC dans les habitats et le biote non seulement pour le secteur sud du Golfe, mais aussi pour l'ensemble de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Ces lacunes dans les données ont résulté en un certain niveau d'incertitude dans la détermination des impacts d'un déversement potentiel de BPC. Un programme de surveillance relié à l'*Irving Whale* devrait inclure le prélèvement d'échantillons d'eau, de sédiments, d'invertébrés benthiques et de poissons, non seulement à proximité de la barge (pour l'évaluation des impacts dans la zone immédiate) mais également à des sites éloignés. De plus, même en l'absence d'un déversement apparent pendant les opérations de renflouage, un programme de surveillance locale à court terme de la contamination du biote et des sédiments pourrait être mis en oeuvre afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de contamination des ressources découlant d'un écoulement non décelée de BPC, et de poursuivre la surveillance de la contamination actuelle.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	ii
ÉQUIPE DE TRAVAIL	iii
SOMMAIRE	iv
TABLE DES MATIÈRES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES ANNEXES	x
1. INTRODUCTION	1
2. APERÇU DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET DES RESSOURCES HALIEUTIQUES DU GOLFE DU SAINT-LAURENT	2
2.1 Caractéristiques physiques	2
2.2 Ressources halieutiques	4
3. GÉNÉRALITÉS SUR LES BPC ET LES CHLOROBENZÈNES	6
3.1 Propriétés des BPC	6
3.2 Bioaccumulation des BPC dans les chaînes alimentaires	7
3.3 Toxicité des BPC	8
3.4 Cas de déversements importants de BPC	9
3.5 Caractéristiques des chlorobenzènes	11
4. DISTRIBUTION DES BPC DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT	12
4.1 Sédiments	12
4.2 Biote	12
4.3 Bilan de masse	13
5. LOCALISATIONS INITIALE ET ACTUELLE POSSIBLES DES BPC DE L' <i>IRVING WHALE</i> ..	16
5.1 Emplacement initial des BPC dans la barge au moment du naufrage	16
5.2 PCB contenus dans les sédiments et le biote au voisinage de la barge	17
5.3 Évaluation de l'état actuel de la cargaison résiduelle de BPC de l' <i>Irving Whale</i>	20
6. CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES POSSIBLES D'UN DÉVERSEMENT DE BPC PROVENANT DE L' <i>IRVING WHALE</i>	20
6.1 Scénarios possibles	20
6.2 Scénario 1 – Écoulement faible intermittent ou continu de BPC provenant de la barge	21
6.3 Scénarios 2 et 3 – Déversement important de BPC de l' <i>Irving Whale</i>	21
7. PROGRAMME DE SURVEILLANCE	26
8. REMERCIEMENTS	26
9. BIBLIOGRAPHIE	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Toxicité létale aiguë de l'Aroclor 1242 pour certains crustacés et poissons	8
Tableau 2. Contribution potentielle, par groupe de congénères, des PCB contenus initialement dans l' <i>Irving Whale</i> à la charge totale estimée dans les sédiments de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent	16
Tableau 3. Calculs détaillés du bilan estimé d'Aroclor 1242 (flux et réservoirs) dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent	36
Tableau 4. Résultats des simulations de la sédimentation, de la diffusion et du transport horizontaux des BPC, par classe de taille des gouttelettes, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l' <i>Irving Whale</i>	50
Tableau 5. Résultats des simulations de l'étalement initial sur le fond des BPC et de leurs concentrations, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l' <i>Irving Whale</i>	51
Tableau 6. Résultats des simulations de l'étalement horizontal des BPC sur le fond et de leurs concentrations après 10 jours, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l' <i>Irving Whale</i>	52

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1. Emplacement de l'*Irving Whale*, qui a coulé en septembre 1970 dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent 1
- Fig. 2. Amplitude des courants résiduels de fond dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent et dans le chenal Laurentien, telle qu'obtenue par modélisation 3
- Fig. 3. Concentrations des BPC totaux (somme des groupes homologues) dans les sédiments prélevés à trois stations le long de l'axe longitudinal du chenal Laurentien, dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent 12
- Fig. 4. Concentrations (poids humide) de BPC totaux dans la glande digestive et le muscle de crabes des neiges récoltés près de Forestville et de Pointe-des-Monts, dans l'estuaire du Saint-Laurent .. 13
- Fig. 5. Flux d'apports et de pertes annuels de BPC ($\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent 14
- Fig. 6. Charge estimée en BPC (T) dans divers compartiments de l'écosystème marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent 15
- Fig. 7. Schéma du système de chauffage en circuit fermé de l'*Irving Whale*, montrant l'emplacement initial des BPC dans la barge 17
- Fig. 8. Variations spatiales des concentrations de BPC (Aroclor 1242) dans les échantillons de sédiments de surface prélevés au voisinage de la barge *Irving Whale* (points) en 1994 et 1995 17
- Fig. 9. Régression exponentielle de la concentration de BPC dans les sédiments en fonction de la distance de la barge dans une direction est-sud-est 18
- Fig. 10. Patrons d'étalement prévus et niveaux de contamination des BPC dans les sédiments à la suite d'un déversement hypothétique de 7250 kg provenant de l'*Irving Whale* dans les eaux à proximité du fond, immédiatement après le déversement et dix jours plus tard 23
- Fig. 11. Patrons d'étalement prévus et niveaux de contamination des BPC dans les sédiments à la suite d'un déversement hypothétique de 7250 kg provenant de l'*Irving Whale* dans les eaux de surface, immédiatement après le déversement et dix jours plus tard 24

LISTE DES ANNEXES

Annexe I :	Quantités et valeurs des débarquements de la pêche commerciale dans le golfe du Saint-Laurent en 1994 et production aquicole dans les provinces maritimes en 1993	33
Annexe II :	Calcul d'un bilan pour l'Aroclor 1242 dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent	35
Annexe III :	Concentrations de BPC et de chlorobenzènes dans le mazout lourd provenant de l' <i>Irving Whale</i>	39
Annexe IV :	Concentrations de BPC (Aroclor 1242) dans les échantillons de résidus pétroliers prélevés en 1995 aux Îles-de-la-Madeleine (Québec)	40
Annexe V :	Concentrations de BPC (Aroclor 1242) et de chlorobenzènes (poids sec) dans les sédiments prélevés à proximité de l' <i>Irving Whale</i> en juin et en juillet 1994, de même qu'en octobre 1995	41
Annexe VI :	Concentrations de BPC dans les échantillons biologiques prélevés à bord de l' <i>Opilio</i> à proximité de l' <i>Irving Whale</i> le 5 juillet 1995	44
Annexe VII :	Concentrations de BPC dans les glandes digestives de crabes des neiges et dans des amphipodes prélevés le 9 août 1995 à proximité de l' <i>Irving Whale</i> et à un site de référence à Chéticamp (N.-É.)	45
Annexe VIII :	Concentrations de BPC dans les glandes digestives de crabes des neiges prélevés le 20 juillet 1995 à bord de l' <i>Opilio</i> à proximité de l' <i>Irving Whale</i>	46
Annexe IX :	Granulométrie et teneur en carbone organique total (COT) des échantillons de sédiments prélevés à proximité de l' <i>Irving Whale</i>	47
Annexe X :	Prévision du devenir des BPC à la suite d'un déversement près du fond ou dans les eaux de surface	48
Annexe XI :	Résumé des conséquences potentielles d'un déversement de BPC de l' <i>Irving Whale</i> sur le milieu marin du golfe du Saint-Laurent selon trois scénarios possibles de déversement	



1. INTRODUCTION

Le 7 septembre 1970, la barge *Irving Whale* coulait dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (47°22'09"N, 63°19'46"W; Fig. 1), à environ 60 km au nord-ouest de North Point (Île-du-Prince-Édouard) et à 100 km à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine (Québec). La barge, qui repose à 67 m de profondeur, contenait initialement 4 270 tonnes métriques (T) de mazout (bunker C n°6) maintenu à une température variant de 55 à 60 °C. Un déversement de 400-600 T s'est produit au moment du naufrage et, depuis, de petites quantités de mazout se sont écoulées par les conduits extérieurs. La quantité de mazout qui reste dans la barge est actuellement évaluée à 3 100 T (Marex, 1992)

En mars 1994, les ministères des Transports (MDT-GCC) et de l'Environnement (MDE) proposaient de renflouer la barge et de récupérer sa cargaison, en vue d'éliminer les risques de fuites ou de déversements additionnels dans l'environnement marin du sud-ouest du golfe du Saint-Laurent. Une évaluation environnementale du projet a alors été entreprise conformément au Décret sur les lignes directrices visant le processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (DLDPÉEE). Parmi les scénarios proposés, le renflouage de la barge avec sa cargaison a été retenu en raison de sa faisabilité et de ses impacts environnementaux potentiels qui semblaient négligeables ou atténuables à l'aide de techniques connues. À la suite de cette évaluation, un contrat de renflouage a été attribué à un consortium composé des firmes Donjon (New Jersey) et McAllister Towing (Montréal). Les opérations de renflouage devaient avoir lieu en juillet et août 1995.

Le 23 juin 1995, la Garde côtière canadienne (GCC), qui coordonne les aspects techniques des opérations de renflouage, a été informée que le système de chauffage en circuit fermé de la barge renfermait un liquide

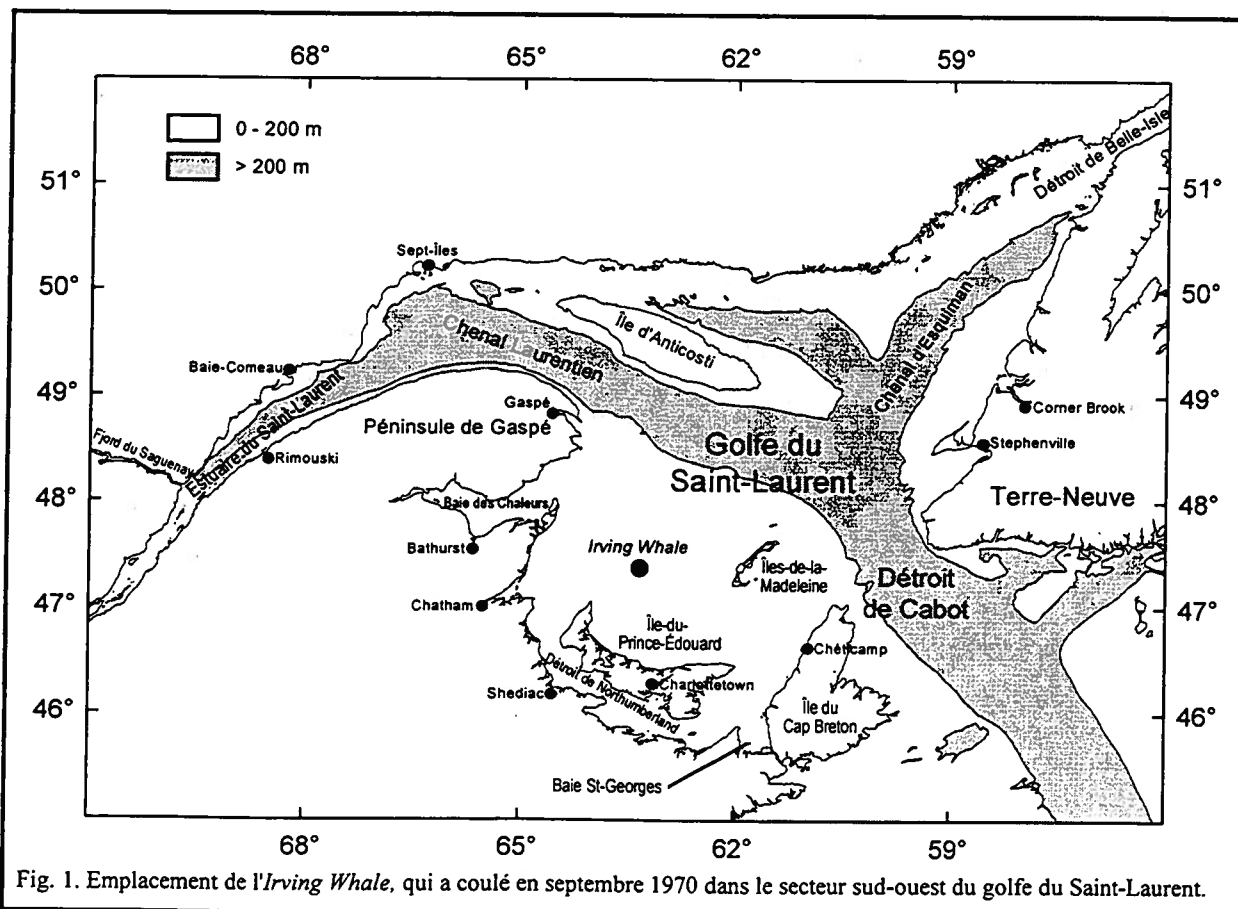


Fig. 1. Emplacement de l'*Irving Whale*, qui a coulé en septembre 1970 dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

appelé *Monsanto MCS 295S*, lequel contient des biphényles polychlorés (BPC) ainsi que des chlorobenzènes. La quantité de *Monsanto MCS 295S* qui se trouvait dans la barge au moment du naufrage a été évaluée à environ 6 800 L (~ 9,2 T). Étant donné la nature toxique des BPC, la Garde côtière canadienne du ministère des Pêches et des Océans, (MPO - GCC) et le MDE ont procédé, au début de juillet 1995, à une évaluation supplémentaire en vertu du DLDPÉEE, laquelle portait sur la présence des BPC dans le système de chauffage de la cargaison de mazout de la barge.

En août 1995, la Cour fédérale du Canada accordait à la *Société pour vaincre la pollution* (SVP) et au *Regroupement Madelinot pour la protection du golfe* une injonction entraînant la suspension conditionnelle du projet de récupération de l'*Irving Whale*. Cette suspension interrompait les opérations de renflouage jusqu'à ce que la Cour détermine le bien-fondé des arguments juridiques présentés par la SVP et le *Regroupement*, ou jusqu'à ce qu'une nouvelle évaluation environnementale soit effectuée conformément au DLDPÉEE. Le 17 novembre, la ministre fédérale de l'Environnement ordonnait la tenue d'une telle évaluation, plus précisément sur les conséquences environnementales potentielles du projet de renflouage de l'*Irving Whale*, étant donné la présence des BPC dans le système de chauffage en circuit fermé.

L'objectif du présent document est de fournir un avis sur les conséquences potentielles d'un déversement possible d'une certaine quantité ou de la totalité des BPC initialement contenus dans la barge pour l'environnement marin du golfe du Saint-Laurent.

2. APERÇU DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET DES RESSOURCES HALIEUTIQUES DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

2.1 Caractéristiques physiques

L'hydrographie de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent est relativement bien connue à l'échelle globale, mais beaucoup moins à l'échelle locale, laquelle est caractérisée par une très grande variabilité. Le chenal Laurentien, une fosse de 300 à 500 mètres de profondeur et de 1 300 km de longueur qui va de l'estuaire du Saint-Laurent jusqu'au détroit de Cabot et qui s'étend jusqu'à la limite de la plate-forme néo-écossaise, est la caractéristique dominante de la topographie de fond du Golfe. Ce chenal constitue le principal site de dépôt des sédiments à grains fins dans l'Estuaire et le Golfe (Loring et Nota, 1973) et la température et la salinité de ses eaux profondes sont principalement influencées par les eaux provenant de l'océan Atlantique, qui pénètrent jusqu'à l'embouchure du fjord du Saguenay. La stratification de la colonne d'eau dans le golfe du Saint-Laurent est aussi caractérisée par la présence d'une couche intermédiaire froide (CIF) d'environ 125 mètres d'épaisseur entre les eaux de surface et les eaux profondes. La CIF est constituée d'eaux provenant du courant du Labrador, lesquelles pénètrent dans le Golfe par le détroit de Belle-Isle, et d'eaux de surface soumises au refroidissement local dans le Golfe au cours de l'hiver (Gilbert et Pettigrew, 1995). La circulation de surface dans l'ensemble du Golfe s'effectue dans le sens anti-horaire et est dominée par le courant de Gaspé, un courant côtier intense qui se développe dans l'Estuaire et s'intensifie en contournant la péninsule gaspésienne (Koutitonsky et Bugden, 1990).

La barge *Irving Whale* repose à une profondeur de 67 m dans une zone relativement plate et peu profonde d'environ 60-80 m dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (Fig. 1). Ce secteur du Golfe est caractérisé par une forte stratification thermique au cours de l'été, la température atteignant 15 °C en surface au mois d'août et diminuant jusqu'à moins de 2 °C sous la couche superficielle (0-30 m). La température au fond varie de -1,5 à 1 °C durant la majeure partie de l'année, sauf à l'automne où elle dépasse 2 °C dans toute la colonne d'eau. La salinité des eaux profondes ne change guère avec les saisons dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent.

Le secteur sud du Golfe est aussi caractérisé par la présence de sédiments sablonneux en raison des courants de fond générés par les marées et les tempêtes et qui empêchent l'accumulation importante de particules fines.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Des mesures effectuées en été entre les mois de juin et septembre 1993 (MacLaren Plansearch, 1993) indiquent que les courants à court terme provoqués par les marées oscillent le long d'un axe nord-est/sud-ouest ($310^\circ - 130^\circ$) avec une amplitude de $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, ce qui entraînerait la remise en suspension quotidienne des sédiments. L'effet net de ces courants se traduit par un courant résiduel d'une amplitude de $0,5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ et orienté vers le sud-est (110°). La modélisation des courants de fond dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent (résolution de 5 km et 10 niveaux verticaux) avec un champ de densité réaliste pour les marées, les débits d'eau douce et les vents climatologiques permet de reproduire ces observations (Fig. 2). Les courants à court terme oscillatoires sont orientés à peu près dans la même direction que les courants observés à l'été 1993 ($320^\circ - 140^\circ$) avec une amplitude semblable, soit $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Le champ d'écoulement résiduel est également caractérisé par une amplitude semblable de moins de $1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Toutefois, l'orientation et l'amplitude du courant résiduel varient à proximité du site de l'*Irving Whale* et son patron de variation spatiale à l'échelle régionale est circulaire, avec une amplitude atteignant $7 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ dans certaines zones (Fig. 2). À l'est du site de l'*Irving Whale*, les courants de fond résiduels sont orientés nord-nord-est vers le chenal Laurentien.

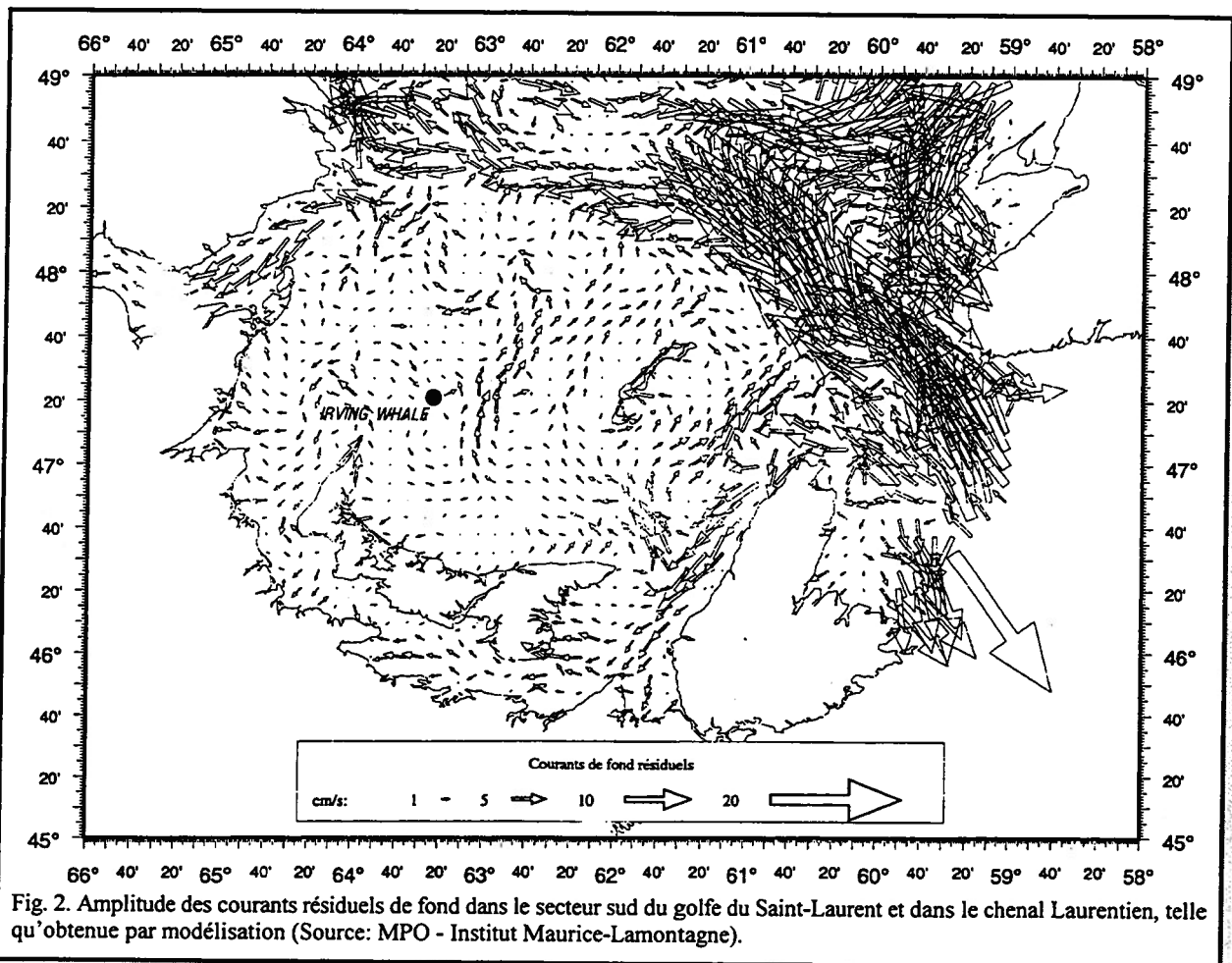


Fig. 2. Amplitude des courants résiduels de fond dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent et dans le chenal Laurentien, telle qu'obtenue par modélisation (Source: MPO - Institut Maurice-Lamontagne).

L'examen des courants de fond résiduels dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent peut donner des résultats trompeurs lorsqu'il s'agit d'évaluer le transport réel de l'eau et des particules fines dans la colonne d'eau. Un modèle lagrangien de dérive utilisant ces courants et la dispersion horizontale donne les résultats suivants : après six mois, on observe dans l'écoulement une tendance vers le nord-est jusque dans le chenal Laurentien. Le cône de dispersion est large, atteignant presque la péninsule gaspésienne, du côté ouest, et la pointe nord des Îles-de-la-Madeleine, du côté est. On observe également une dérive des particules en direction sud à un rythme beaucoup plus lent, atteignant seulement le tiers de la distance vers l'Île-du-Prince-Édouard.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

En poursuivant la modélisation sur une période de plusieurs années, on constate que tout le secteur sud du golfe du Saint-Laurent serait pénétré par une masse d'eau provenant du site de l'*Irving Whale*.

2.2 Ressources halieutiques

Les paragraphes suivants donnent un aperçu général des ressources halieutiques du golfe du Saint-Laurent, basé sur la description des communautés biologiques fournie par Gascon (1994). La quantité et la valeur des débarquements pour toutes les espèces exploitées commercialement dans les diverses régions du Golfe en 1994 sont fournies à l'annexe I(a)

2.2.1 Crustacés

Essentiellement, trois espèces de crustacés sont exploitées commercialement dans le golfe du Saint-Laurent, soit la crevette nordique (*Pandalus borealis*), le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) et le homard américain (*Homarus americanus*). Ces espèces sont toutes des organismes benthiques qui, à l'état adulte, occupent des habitats distincts dans l'écosystème du Golfe. La crevette nordique se retrouve dans les régions hauturières à des profondeurs variant de 180 à 250 m, avec quatre principales zones de concentrations dans le Golfe, soit dans l'Estuaire, à l'ouest de l'île d'Anticosti, au nord de l'île d'Anticosti et dans le chenal d'Esquiman. Le crabe des neiges vit à des profondeurs moyennes (~ 100 m) sur des fonds relativement mous dans l'ensemble du Golfe. Enfin, le homard américain vit sur divers types de fonds, principalement dans des zones côtières rocheuses du golfe du Saint-Laurent, surtout dans le secteur sud.

2.2.2 Mollusques

Les pêcheries de mollusques dans le golfe du Saint-Laurent sont concentrées surtout dans les baies abritées et dans les estuaires du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, de l'Île-du-Prince-Édouard et des Îles-de-la-Madeleine. Les principales espèces exploitées incluent la mye (*Mya arenaria*), la moule bleue (*Mytilus edulis*), l'huître américaine (*Crassostrea virginica*), la palourde américaine (*Mercenaria mercenaria*) et le mactre américain (*Spissula solidissima*). Les espèces d'eau profonde, comme le pétoncle géant (*Platopecten magellanicus*), le pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*) et le mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*), sont aussi pêchés au large à des profondeurs de 10 à 25 m, près de la baie des Chaleurs, du détroit de Northumberland, du plateau madelinien et du détroit de Belle-Isle.

En plus de la pêche commerciale, l'industrie de l'aquaculture des mollusques a évolué rapidement dans les provinces de l'Atlantique depuis les années 1980. Actuellement, plusieurs espèces sont cultivées à l'échelle commerciale ou sont à diverses phases de développement. L'Île-du-Prince-Édouard vient en tête dans le domaine de la production commerciale de moules bleues. En 1987, cette industrie en a produit environ 1 439 T (évaluées à \$2,4 millions) et, en 1994, les quantités débarquées ont quadruplé, atteignant environ 5 950 T pour une valeur totale de \$6,3 millions (T. Sephton, comm. pers.). L'huître américaine arrive au deuxième rang après la moule dans la production de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse. La culture du pétoncle géant donne des résultats prometteurs à Terre-Neuve, au Nouveau-Brunswick, à l'Île-du-Prince-Édouard et aux Îles-de-la-Madeleine. La valeur estimée de l'industrie de l'aquaculture des mollusques en 1993 est résumée à l'annexe I(b).

2.2.3 Poissons

Un certain nombre d'espèces de poissons d'intérêt commercial fréquentent les habitats pélagiques et démersaux du golfe du Saint-Laurent. Les espèces pélagiques incluent le hareng atlantique (*Clupea harengus*), le maquereau bleu (*Scomber scombrus*), le capelan (*Mallotus villosus*) et le thon rouge (*Thunnus thynnus*), le hareng et le maquereau supportant des pêches côtières dans la plupart des régions du Golfe. Le capelan n'est pas exploité de façon intensive avec seulement une pêche régionale dans le secteur nord-ouest du Golfe, mais constitue une espèce fourragère importante pour plusieurs poissons prédateurs, oiseaux et mammifères marins.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Les poissons de fond dans le golfe du Saint-Laurent sont composés de trois principaux groupes, soit les gadidés, le sébaste et les poissons plats. Les gadidés comprennent la morue (*Gadus morhua*) et la merluche blanche (*Urophycis tenuis*), lesquels vivent dans les habitats démersaux un peu partout dans le Golfe. Les pêcheries de sébaste sont constituées de deux espèces distinctes, soit le sébaste acadien (*Sebastes fasciatus*) et le sébaste atlantique (*Sebastes mentella*), et s'effectuent dans les régions profondes du Golfe, surtout dans le chenal Laurentien. Les pêcheries de poissons plats comprennent plusieurs espèces dont les plus importantes sont le flétan du Groënland ou turbot (*Reinhardtius hippoglossoides*) dans le secteur ouest du golfe et dans l'Estuaire, la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*) sur le plateau madelinien, la plie grise (*Glyptocephalus cynoglossus*) sur la côte ouest de Terre-Neuve et dans le secteur sud du Golfe, de même que la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) dans les régions côtières. Plus récemment, une pêcherie à petite échelle de l'aiguillat commun (*Squalus acanthias*) s'est développée dans certaines régions du golfe du Saint-Laurent.

2.2.4 Mammifères marins

Quatre espèces de phoques et plusieurs espèces de baleines et de dauphins peuvent être observées dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Le phoque gris (*Halichoerus grypus*) et le phoque commun (*Phoca vitulina*) se retrouvent un peu partout dans le Golfe, tandis que le phoque du Groënland (*Phoca groenlandica*) et le phoque à capuchon (*Cystophora cristata*) ne fréquentent le Golfe qu'au printemps pour se reproduire sur la banquise. Toutefois, des intrusions de phoques du Groënland ont récemment été observées dans l'Estuaire au cours de l'été. Au moins douze espèces de baleines et de dauphins fréquentent l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, les plus importantes étant le béluga (*Delphinapterus leucas*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), le rorqual commun (*B. physalus*), le rorqual bleu (*B. musculus*), le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le dauphin à flancs blancs (*Lagenorhynchus acutus*), le dauphin à nez blanc (*L. albirostris*) et le marsouin commun (*Phocoena phocoena*). À l'exception du béluga, lequel est sédentaire et présent à l'année longue, la plupart des espèces viennent dans le Golfe surtout à l'été et à l'automne. L'épaulard (*Orcinus orca*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), la baleine noire (*Eubalaena glacialis*) et le globicéphale noir (*Globicephala melaena*) sont également présents de façon sporadique dans le Golfe et l'Estuaire au cours de l'été. Autrefois, on exploitait commercialement certaines espèces de mammifères marins dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, mais actuellement seuls les phoques sont chassés à l'échelle régionale tandis que les baleines sont protégées et supportent une importante industrie touristique pour leur observation.

2.2.5 Ressources halieutiques à proximité de l'*Irving Whale*

Un certain nombre de ressources halieutiques décrites dans les paragraphes précédents sont présentes à divers stades de leur vie dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent, où se trouve l'*Irving Whale*. Le crabe des neiges constitue la plus importante espèce exploitée dans la région immédiate de la barge, les débarquements atteignant 24 600 T dans les zones de pêche semi-hauturières du sud du golfe du Saint-Laurent (zone de pêche n° 12) en 1994. La biomasse commerciale de crabes des neiges dans cette même zone a été estimée à environ 59 000 T. Les autres ressources halieutiques présentes à proximité de l'*Irving Whale* incluent la morue, l'aiguillat commun, la plie canadienne et la merluche blanche. Le sébaste et le flétan du Groënland ne sont guère abondants dans cette région, leur distribution dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent étant essentiellement limitée au chenal Laurentien. En ce qui concerne le homard américain, les pétoncles, le capelan, le hareng atlantique et le maquereau bleu, ces espèces se retrouvent essentiellement dans les régions côtières du Québec, du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de l'île du Cap-Breton et des Îles-de-la-Madeleine.

Les stades larvaires de plusieurs de ces espèces, les plus importants étant les oeufs et les larves de maquereau bleu, sont associés à la communauté planctonique du sud du golfe du Saint-Laurent à diverses périodes de l'année. L'*Irving Whale* est situé à l'intérieur de l'aire principale de reproduction du maquereau bleu pour le nord-ouest de l'Atlantique et le frai s'effectue en juin et juillet, après quoi les adultes migrent vers les régions côtières pour se nourrir. Les oeufs et les larves de maquereau bleu se retrouvent dans la partie supérieure de

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

la colonne d'eau et des concentrations importantes peuvent être présentes dans la zone au-dessus de l'*Irving Whale* en été. Bien que des larves de morue puissent également être présentes au cours de l'été, leur distribution n'est pas limitée au secteur sud du golfe du Saint-Laurent, contrairement aux larves de maquereau. La répartition des stades larvaires du homard d'Amérique, du hareng et des pétoncles est surtout limitée aux habitats pélagiques des régions côtières, tandis que les larves de sébaste et de flétan du Groënland se retrouvent surtout dans la région du chenal Laurentien.

Certains mammifères marins sont également présents à diverses périodes de l'année dans le secteur sud du golfe du Saint-Laurent, où l'*Irving Whale* est situé. Contrairement au phoque du Groënland et au phoque à capuchon qui ne fréquentent cette région que pour se reproduire sur la banquise au printemps, le phoque commun et le phoque gris sont présents dans le secteur sud du Golfe durant toute l'année, mais leur distribution est surtout limitée aux régions côtières durant l'été. En ce qui concerne les cétacés, on dispose de peu d'information sur leur distribution dans le secteur sud du golfe. Bien que les bélugas se retrouvent surtout dans l'Estuaire durant l'été, certains individus ont été observés occasionnellement dans le golfe du Saint-Laurent, aussi loin que l'île du Cap-Breton (S. Gosselin, comm. pers.). Toutefois, leur répartition hivernale est moins connue et on croit qu'ils fréquentent les zones libres de glace de l'Estuaire et du Golfe durant cette période de l'année. Le petit rorqual et le rorqual commun sont présents autour de la péninsule gaspésienne au cours de l'été, mais la plupart des individus se retrouvent dans l'Estuaire, tandis que le rorqual bleu et le rorqual à bosse fréquentent surtout le secteur nord du golfe du Saint-Laurent. En fait, la plupart des cétacés migrent vers le golfe du Saint-Laurent pour s'alimenter durant l'été dans les régions côtières où la nourriture est plus abondante. Toutefois, quelques espèces peuvent être observées à proximité du site de l'*Irving Whale* durant cette période. Des baleines et des dauphins peuvent être observées en train de s'alimenter de poissons pélagiques près de l'île du Cap-Breton (R. Bailey, comm. pers.).

3. GÉNÉRALITÉS SUR LES BPC ET LES CHLOROBENZÈNES

3.1 Propriétés des BPC

Les BPC sont des dérivés chlorés de l'hydrocarbure biphenyle, qui ont été vendus comme produits contenant diverses proportions de chlore (Aroclor, Clophen, etc.). Ils présentent une excellente stabilité thermique et ils sont solubles dans les solvants organiques, résistants à l'oxydation et à la réduction, et ininflammables (CCME, 1995). Ces propriétés en ont fait des substances largement utilisées dans l'industrie comme fluides caloporteurs et hydrauliques, comme fluides diélectriques dans le matériel électrique, dans divers plastiques, dans les encres d'imprimerie et dans les pneus.

Le liquide présent dans le système de chauffage de la cargaison de l'*Irving Whale* a été identifié comme étant du MCS 295S de *Monsanto*, qui renferme 80 % d'Aroclor 1242, un mélange de biphenyles substitués contenant 42 % de chlore (en poids), et 20 % de chlorobenzènes (voir la section 3.5). L'Aroclor 1242 se compose essentiellement de sept groupes de congénères de BPC, soit les monochlorobiphenyles (0,9 %), les dichlorobiphenyles (15,0 %), les trichlorobiphenyles (35,3 %), les tétrachlorobiphenyles (32,6 %), les pentachlorobiphenyles (13,2 %), les hexachlorobiphenyles (2,4 %) et les heptachlorobiphenyles (0,2 %) (Albro & Parker, 1979; Schulz *et al.*, 1989). Le 3,3',4,4'-tétrachlorobiphenyle (UICPA, n° 77), un des congénères de BPC les plus toxiques, y est présent en proportions de 4 000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ environ (Albro et Parker, 1979; Schulz *et al.*, 1989). L'Aroclor 1242 contient également en traces certaines polychlorodibenzo-*p*-dioxines ($< 0,002 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) et, particulièrement, des chlorodibenzofuranes ($\sim 0,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), dont 16 % ($0,09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) se composent de 2,3,7,8- et de 2,3,4,8-tétrachlorodibenzofurane (2,3,7,8- et 2,3,4,8-T4CDF; Wakimoto *et al.*, 1988), le 2,3,7,8-T4CDF étant très toxique. De plus, lorsque l'Aroclor 1242 est utilisé comme fluide caloporteur, la concentration de furannes peut devenir des centaines de fois plus élevée que dans le fluide original, soit de 5 000 à 12 000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Eisler, 1986).

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

À l'état pur, l'Aroclor 1242 est plus lourd que l'eau de mer, sa densité étant 1,382 à 25 °C et 1,392 à 15,5 °C. D'après les informations reçues de *Monsanto*, la viscosité du fluide caloporteur est 308 cp à 10 °C. Sa viscosité à 0 °C est estimée à 600-1000 cp, soit une viscosité semblable à celle de l'huile à moteur de type 10W30.

La solubilité des BPC dans l'eau varie selon leur composition, mais elle est habituellement extrêmement faible. La solubilité dans l'eau douce des congénères de BPC diminue d'un facteur de 2-3 pour chaque atome de chlore ajouté à la molécule de biphényle (MacKay *et al.*, 1983). La plage de solubilité rapportée varie de 60 à 790 µg·L⁻¹ pour les congénères dichlorobiphényles, à 4,5-12 µg·L⁻¹ pour les congénères pentachlorobiphényles (Kimbrough et Jensen, 1989). Étant donné leur nature non polaire, les BPC sont moins solubles dans l'eau salée que dans l'eau douce. Une réduction de solubilité des BPC de 25 % a été estimée pour une augmentation de la salinité de 0 à 33 ‰ (Weise & Griffin, 1978). Par contre, les BPC sont solubles dans les solvants organiques non polaires, les huiles et les tissus biologiques riches en lipides. Toutefois, la tendance des BPC à se mélanger au mazout lourd serait considérablement réduite, possiblement jusqu'à devenir négligeable, à des températures similaires à celles qui prévalent au voisinage de l'*Irving Whale* en été (section 2.1). En fait, le fluide caloporteur aurait une viscosité semblable à celle de l'huile à moteur et aurait tendance à couler vers le fond, tandis que le Bunker C de l'*Irving Whale* remonterait à l'état semi-solide vers la surface.

Les coefficients de partage octanol-eau (K_{ow}) des BPC sont très élevés. Des valeurs de log K_{ow} variant de 4,5 à 5,8 ont été rapportées pour l'Aroclor 1242 (Moore et Walker, 1991). Étant donnée la valeur élevée de leur K_{ow} , le partage des BPC dans un environnement aquatique les entraînerait préférentiellement dans les sédiments de fond.

D'après les résultats d'essais effectués en laboratoire sur des produits chimiques plus denses que l'eau et semblables à l'aroclor 1242, dans des conditions reproduisant celles d'un déversement (Thibodeaux et Christy, 1980), des BPC libérés en grande quantité près de la surface couleraient rapidement et se diviseraient d'abord en grosses gouttelettes instables puis en petites gouttelettes plus stables de tailles diverses. Les gouttelettes de plus grandes dimensions atteindraient le fond le plus près du site du déversement, et les plus petites se déposeraient en aval. À leur arrivée au fond, les gouttelettes demeureraient sur place et les plus rapprochées entre elles se fusionneraient, formant ainsi des masses ayant la forme d'un gâteau. Il est probable que l'Aroclor 1242 s'accumulerait dans les petites dépressions et dans le creux des rides sur le sable au fond. Avec le temps, les BPC liquides seraient transportés par les courants et éventuellement recouverts par les sédiments, absorbés dessus, ou encore s'y associeraient autrement.

3.2 Bioaccumulation des BPC dans les chaînes alimentaires

La bioaccumulation des contaminants reflète la capacité des organismes aquatiques à absorber et accumuler les produits chimiques contenus dans l'eau et les aliments (Abarnou et Loiseau, 1994). Les processus de bioaccumulation dépendent des propriétés physico-chimiques des contaminants et de certains facteurs biologiques. Entre autres, les BPC sont un exemple typique de composés bioaccumulables en raison de leur grande stabilité, leur faible solubilité dans l'eau, leur affinité élevée pour les lipides et leur grande persistance dans l'environnement. Comme les BPC sont des contaminants liposolubles, ils ont tendance à s'accumuler dans les tissus riches en lipides, telles que les glandes digestives des crustacés, le foie et les muscles des poissons et les tissus adipeux des mammifères marins.

Les facteurs de bioaccumulation (FBA) à partir de l'eau (rapport de la concentration dans les tissus à celle dans l'eau) rapportés pour les organismes marins varient comme suit (US EPA, 1976) : de 2 500 à 37 000 pour les poissons (durée d'exposition aux BPC allant jusqu'à 42 jours); de 4 000 à 11 000 pour les crustacés (durée d'exposition allant jusqu'à 20 jours); et 100 000 pour les mollusques (durée d'exposition de 30 jours). Cependant, les FBA des BPC à partir des sédiments n'ont pas été autant étudiés. Columbo *et al.* (1995) ont mesuré la concentration totale de BPC dans des clams (*Corbicula fluminea*) dans un environnement sablonneux comparable aux fonds que l'on retrouve sur le plateau madelinien. Ils ont trouvé que le FBA dans les clams à partir des sédiments variait de 380 à 9 700 sur une base de poids de lipides dans les clams, ce qui

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

correspond à environ 3-87 sur une base de poids humide, si on suppose que les clams se composent à 90 % d'eau.

En termes de congénères de BPC, diverses études trophodynamiques portant sur leur composition dans les organismes aquatiques suggèrent que la composition en congénères des BPC dans les organismes change avec l'élévation du niveau trophique (Tanabe *et al.*, 1984; Oliver et Niimi, 1988; Evans *et al.*, 1991). Par exemple, Oliver et Niimi (1988) ont constaté que le contenu en chlore des BPC augmentait avec le niveau trophique dans la chaîne alimentaire de l'écosystème du lac Ontario. Cette augmentation semblait se produire aux niveaux trophiques inférieurs de la chaîne alimentaire (de l'eau au plancton, puis jusqu'aux mysidacés), tandis que les congénères de BPC semblaient être distribués comme un mélange de composition uniforme contenant en moyenne 55,4 % de chlore dans les mysidacés, l'éperlan et les salmonidés des niveaux trophiques supérieurs (Oliver et Niimi, 1988). Durant le transfert des BPC de l'eau et des sédiments vers la chaîne alimentaire, puis vers les niveaux trophiques plus élevés, les congénères moins chlorés ont tendance à être éliminés plus rapidement que les congénères plus chlorés, ce qui se traduit par des teneurs plus élevées en chlore chez les prédateurs des niveaux trophiques supérieurs. Par comparaison au lac Ontario, la quantité de congénères peu chlorés éliminée par ce processus serait relativement plus grande que dans un environnement plus dynamique comme celui du golfe du Saint-Laurent (A. Niimi, comm. pers.)

3.3 Toxicité des BPC

En plus de se bioaccumuler, les BPC peuvent nuire à la santé des organismes lorsque présents à des concentrations élevées dans l'environnement. Il existe des quantités considérables d'informations sur la toxicité des BPC chez les organismes terrestres et encore plus chez les organismes aquatiques. Une exposition à des contaminants comme les BPC peut provoquer des effets létaux aigus ainsi que des effets sous-létaux chroniques chez les organismes (Marchand *et al.*, 1990). Les paragraphes suivants résument les effets toxiques possibles des BPC, tels que documentés par diverses études en laboratoire. Certaines de ces situations pourraient s'appliquer à des zones données du golfe du Saint-Laurent en cas de déversement de BPC provenant de l'*Irving Whale*, selon les concentrations résultantes de BPC dans les divers compartiments de l'environnement marin.

L'exposition à des concentrations élevées de BPC dans l'eau ou dans les sédiments peut provoquer des effets létaux aigus chez les organismes marins. La létalité des BPC pour les poissons et les invertébrés varie selon l'espèce, le stade du développement, les conditions expérimentales et la composition des BPC. Il existe peu d'informations sur la toxicité létale de l'Aroclor 1242 pour les organismes aquatiques (Tableau 1). En général, la CL_{50} des BPC (la concentration à laquelle au moins 50 % des individus exposés meurent dans un intervalle de temps donné) varie de 1 à 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (Roberts *et al.*, 1978; Anon., 1994). Toutefois, il est important de noter que la plupart des études de toxicité létale sont effectuées en laboratoire, où des solvants doivent être utilisés pour atteindre les concentrations voulues en raison de la faible solubilité des BPC dans l'eau. En conséquence, les CL_{50} rapportées pour les poissons et les

Tableau 1. Toxicité létale aiguë de l'Aroclor 1242 pour certains crustacés et poissons (Eisler, 1986; Marchand *et al.*, 1990).

Espèce	Durée d'exposition	CL_{50} ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Sources
CRUSTACÉS			
Cladocères			
<i>Daphnia magna</i>	14 jours	3	Nebecker et Puglishi (1974)
Amphipodes			
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	4 jours 10 jours	105	Eisler (1986)
Crevette de sable			
<i>Crangon septemspinosa</i>	4 jours	13	Eisler (1986)
Écrevisse			
<i>Orconectes nais</i>	7 jours	30	Pohl <i>et al.</i> (1974)
POISSONS			
Truite fardée			
<i>Salmo clarki</i>	4 jours	5 400	Stalling et Mayer (1972)
Truite arc-en-ciel			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	5 jours	67	Johnson et Finley (1980)
	5 jours	125	Johnson et Finley (1980)
Crapet arlequin			
<i>Lepomis macrochirus</i>	15 jours	54	Stalling et Mayer (1972)
Barbue d'Amérique			
<i>Ictalurus punctatus</i>	15 jours	107	Stalling et Mayer (1972)
Perchaude			
<i>Perca flavescens</i>	4 jours	> 150 000	Johnson et Finley (1980)

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

invertébrés peuvent ne pas être représentatives des niveaux mesurés dans l'environnement, même à la suite d'un déversement de BPC.

Il a été démontré que l'exposition chronique des organismes aquatiques à des concentrations sous-létales de BPC peut entraîner une vaste gamme d'effets physiologiques et pathologiques. Les BPC causent généralement des effets sous-létaux en induisant une activité enzymatique, entre autres les oxydases à fonctions multiples (OFM) qui sont impliquées dans le métabolisme des hormones stéroïdes. La dégradation métabolique des BPC par les OFM peut entraîner la production de substances cancérogènes (Marchand *et al.*, 1990). De plus, des études récentes ont montré que les métabolites des BPC peuvent agir comme des œstrogènes environnementaux (Korach *et al.*, 1988, Flouriot *et al.*, 1995). En eau douce, les œstrogènes environnementaux peuvent causer des problèmes de reproduction, tels que la féminisation des mâles et le dysfonctionnement des testicules, et ainsi entraîner un déclin des populations affectées. De plus, l'activité plus élevée des OFM découlant d'une exposition aux BPC peut entraîner des troubles endocriniens, y compris la suppression du développement des ovaires et la diminution des niveaux de vitellogénine, un précurseur du vitellus, et des hormones stéroïdes comme l'œstradiol (Johnson *et al.*, 1994, Casillas *et al.*, 1991, Monosson *et al.*, 1994). Par ailleurs, il a été démontré que des concentrations sous-létales de BPC chez les poissons et les mammifères marins peuvent modifier le métabolisme des hormones thyroïdiennes (Brower *et al.*, 1989, Gray *et al.*, 1993), lesquelles jouent un rôle important dans la croissance et la reproduction (Eales et Brown, 1993; Cyr et Eales, 1995). En résumé, l'exposition sous-létale chronique à des BPC peut nuire à la santé des individus et, ultimement, au maintien des populations. Par exemple, les BPC ont été reconnus comme étant une cause possible de la baisse de la population de phoques communs dans la mer de Wadden aux Pays-Bas (Reijnders, 1986). Toutefois, il est important de noter que les effets sous-létaux rapportés ci-dessus ont été observés en laboratoire, c'est-à-dire dans un milieu qui ne reflète pas nécessairement les conditions environnementales qui existent dans le secteur sud-ouest du golfe du Saint-Laurent.

Dans les sédiments, Long et al. (1995) ont proposé deux niveaux distincts d'effets pour les BPC. Les effets ont été qualifiés de : 1) faibles (10^e percentile inférieur des données sur les effets) à des concentrations de BPC totaux de 0,0227 µg·g⁻¹ en poids sec dans les sédiments; et 2) moyens (médiane ou 50^e percentile des données sur les effets) à une concentration de 0,18 µg·g⁻¹. Environnement Canada a proposé récemment un ensemble de lignes directrices provisoires pour la qualité des sédiments (Environnement Canada, 1995). La concentration seuil proposée pour les BPC est de 0,0215 µg·g⁻¹ et le niveau d'effet probable est de 0,189 µg·g⁻¹.

La toxicité des congénères spécifiques de BPC dépend à la fois du degré de chloration et de la position occupée par les atomes de chlore (Safe, 1984). Les congénères non ortho-chlorés 3,3',4,4'-T4CB (UICPA n° 77), 3,3',4,4',5-P5CB (UICPA n° 126) et 3,3',4,4',5,5'-H6CB (UICPA n° 169), qui peuvent adopter une configuration planaire, sont les BPC les plus toxiques (Ahlborg *et al.*, 1994). Par exemple, la plus grande partie de la toxicité relative observée chez les huîtres des baies abritées du golfe du Mexique était le résultat de la présence de BPC planaires non ortho-chlorés, plus particulièrement le congénère 126 (Sericano *et al.*, 1994). En fait, les congénères de BPC non ortho-chlorés peuvent entraîner des réponses toxiques semblables à celles causées par la 2,3,7,8-T4CDD. En effet, l'équivalence toxique en termes de 2,3,7,8-T4CDD est la mesure la plus courante de toxicité des BPC. Les facteurs d'équivalents toxiques (FÉT) ont été déterminés pour un certain nombre de BPC très toxiques, dont les congénères 77, 126 et 169 (Ahlborg *et al.*, 1994). Les résultats obtenus pour la composition en congénères de l'Aroclor 1242, tels que rapportés par Albro et Parker (1979) et Schulz et al. (1989), permettent de calculer une concentration en équivalent toxique (ÉQT) de 2 µg·g⁻¹ en termes de la 2,3,7,8-T4CDD pour ce mélange de BPC, à partir des FÉT fournis par Ahlborg et al. (1994). Toutefois, cette concentration peut très bien augmenter si l'Aroclor 1242 est utilisé comme fluide caloporteur (voir section 3.1).

3.4 Cas de déversements importants de BPC

Les déversements de BPC dans l'environnement ne sont pas rares. Toutefois, la plupart de ces déversements se produisent en un milieu terrestre, et seuls deux cas de déversement de BPC s'appliquent au présent contexte. Le premier a eu lieu dans la rivière Duwamish dans l'état de Washington (Willman, 1975), tandis que le second

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

s'est produit dans la rivière des Exploits, à Terre-Neuve (Pierce et Powers, 1985). Dans les deux cas, les BPC ont été dispersés de façon différente, probablement en raison des différences d'énergie cinétique à proximité des lieux de déversement. Le cas de l'*Irving Whale* est probablement mieux représenté par le déversement sur la rivière Duwamish.

3.4.1 Déversement des BPC contenus dans un transformateur - rivière Duwamish, état de Washington

Le 13 septembre 1974, un transformateur électrique est tombé durant son chargement, ce qui a entraîné le déversement d'environ 1000 L de BPC dans la rivière Duwamish à Seattle, dans l'état de Washington. L'Aroclor 1242, qui est plus dense que l'eau, est demeuré au fond de la rivière aux environs des lieux du déversement, ce qui a permis d'effectuer une opération de récupération unique en son genre qui s'est échelonnée sur une période de dix-huit mois. Le secteur aval de la rivière Duwamish est influencé par des marées atteignant 4,25 m d'amplitude et son débit est à peu près de 2 m·s⁻¹. Le site du déversement, soit à environ 2,4 km en amont de l'embouchure de la rivière, est caractérisé par un fond surtout constitué de vase et de limon, par la présence d'une stratification estuarienne avec une masse d'eau profonde salée au dessus de laquelle une masse d'eau douce s'écoule en surface, et par une profondeur de 13,7 m et une largeur de 16,8 m.

Le 18 septembre 1974, avant le début des opérations de nettoyage, des échantillons de sédiments prélevés au voisinage du déversement présentaient des concentrations maximales de BPC de 189 µg·g⁻¹ en poids sec immédiatement à côté du quai et de 86,5 µg·g⁻¹ au centre de la rivière, dans un chenal plus profond à environ 91 m du site du déversement. Le 26 septembre 1974, des plongeurs de l'EPA ont observé des masses de BPC libres sur le fond.

Durant la première opération de récupération, les activités de dragage ont commencé le 12 octobre 1974 et elles ont duré quelque 20 jours. Des estimations ont montré que 265-340 L de BPC avaient été récupérés. La concentration de BPC la plus élevée fut trouvée sur les lieux-mêmes du déversement. Des indices ont montré que le courant fluvial et l'action des marées avaient provoqué la formation de poches de BPC. Les plongeurs ont observé des nappes de BPC qui se déplaçaient avec la marée sur une distance pouvant atteindre 15 m d'une journée à l'autre. Dans certains cas, les plongeurs ont dragué les fonds boueux jusqu'à une profondeur de 50 cm et continuaient de trouver des gouttelettes de BPC dans les sédiments.

Une crue qui survient aux cent ans s'est produite en décembre 1974 et on estime qu'elle aurait déplacé environ 19 L de BPC du chenal de la Duwamish vers la baie Elliott. Un monitoring effectué en avril 1976 a montré que, même si la majorité des BPC qui restaient étaient demeurés dans le secteur du déversement, une lente migration s'effectuait dans l'ensemble du site du déversement.

La seconde opération de récupération a commencé le 6 mars 1975 et a permis de retirer 9 200-11 500 m³ de sédiments sur une période de 30 jours. D'après des estimations faites durant cette seconde phase, environ 530-570 L de BPC furent récupérés. En incluant les 265-340 L récupérés lors de la première phase, on a estimé que 795-910 L de BPC avaient été récupérés au total. Après la seconde opération, la concentration moyenne de BPC dans les sédiments était 13 µg·g⁻¹ sur les lieux du déversement.

Les conclusions tirées de ce déversement de BPC dans l'environnement sont les suivantes : 1) l'incident a montré que, en cas de déversement dans des circonstances semblables, les substances toxiques plus denses que l'eau auraient tendance à demeurer dans le secteur et qu'elles peuvent être récupérées avec succès, même après une période prolongée; et 2) les BPC ont une grande affinité pour la matière particulaire.

3.4.2 Déversement de BPC dans la rivière des Exploits à Terre-Neuve

Un transformateur contenant 810 L d'un mélange de BPC (vraisemblablement de l'Aroclor 1260) fut entraîné dans la rivière des Exploits en 1983, alors que des pluies inhabituellement intenses avaient fait augmenter son

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

débit de façon importante ($3200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ selon des estimations). Des échantillons d'eau, de sédiments, de végétation aquatique, d'invertébrés aquatiques et de poissons furent recueillis à l'intérieur de un et deux mois après l'événement. L'échantillonnage a été effectué en eau douce et dans l'estuaire de la rivière jusqu'à une distance de 24 km du déversement. Au seuil de détection ($0,1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), aucun BPC ne fut décelé dans l'eau sur une étendue de 6,5 km en aval du déversement.

Sur les 4 premiers kilomètres en aval du déversement, le fond de la rivière était principalement constitué de rochers et de corniches rocheuses et les sédiments se composaient surtout de déchets organiques provenant de fabriques de pâtes et papiers. La concentration maximale mesurée fut de $6\,750 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ dans les sédiments prélevés directement sous l'endroit où le transformateur avait été récupéré. Des concentrations considérées comme élevées (jusqu'à $1,0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) par rapport aux niveaux de base de $0,1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ furent décelées sur une distance de 12 à 20 km en aval du site du déversement, jusque dans l'estuaire de la rivière.

Les concentrations de BPC mesurées dans les échantillons biologiques ne se sont pas avérées plus élevées que celles trouvées chez les mêmes espèces dans des secteurs «non contaminés». Toutefois, ces résultats peuvent être dus à la période relativement courte écoulée entre le déversement et l'échantillonnage. Néanmoins, les résultats de l'échantillonnage de saumons et de truites six ans après le déversement ont aussi indiqué que la concentration de BPC n'était pas élevée chez ces deux espèces.

3.5 Caractéristiques des chlorobenzènes

Tel que mentionné à la section 3.1, les 20 % complémentaires du fluide caloporteur (le MCS 295S de Monsanto) qui se trouvent dans le système de chauffage de la cargaison de l'*Irving Whale* se composent de chlorobenzènes. Les isomères de chlorobenzène rapportés dans le fluide sont le 1,2,4- et le 1,2,3-trichlorobenzène (1,2,4- et 1,2,3-TCB) de même que le 1,2,4,5- et le 1,2,3,4-tétrachlorobenzène (1,2,4,5- et 1,2,3,4-TeCB).

Certaines propriétés physiques et chimiques des chlorobenzènes ressemblent de près à celles des BPC. En effet, les chlorobenzènes sont plus lourds que l'eau de mer, leur gravité spécifique variant de 1,57 à 1,85, et leur coefficient de partage octanol-eau étant élevé ($\log K_{ow}$ de 4,44-5,09). Cependant, les chlorobenzènes sont plus solubles dans l'eau que les BPC, leur solubilité à 22°C étant respectivement $12\,000$ et $19\,000 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ pour le 1,2,3- et le 1,2,3,4-TCB, et 300 et $3500 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ pour le 1,2,4,5- et le 1,2,3,4-TeCB (CCME, 1995). De plus, les TCB et les TeCB diffèrent des BPC en ce sens que ce sont des substances moyennement volatiles dont la pression de vapeur va de $0,54$ à 61 Pa à 25°C (CCME, 1995).

Ces propriétés indiquent que le comportement à court terme des chlorobenzènes dans l'environnement ressemblerait à celui des BPC, c'est-à-dire qu'ils couleraient au fond et s'associeraient de préférence aux sédiments. En raison de leur plus grande solubilité dans l'eau, les chlorobenzènes sont probablement moins persistants que les BPC, leurs demi-vies dans l'eau et les sédiments étant respectivement évaluées à 2 ans et à 4 ans environ (W.R. Ernst, comm. pers.). Étant volatiles et solubles dans l'eau, une certaine évaporation des TCB et des TeCB dans l'atmosphère est susceptible de se produire. Toutefois, la persistance des chlorobenzènes dans l'environnement peut augmenter si ces substances sont dissoutes dans des mélanges de BPC.

Tout comme les BPC, les chlorobenzènes sont lipophiles et peuvent se bioaccumuler dans les chaînes alimentaires, et leurs FBA à partir de l'eau peuvent varier de 100 à 10 000 selon la teneur en chlore. Dans le cas de la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*), les FBA du 1,2,3- et du 1,2,4-TCB sont de l'ordre de 1200, tandis que ceux du 1,2,3,4- et du 1,2,4,5-TeCB sont d'environ 5250 (Oliver et Niimi, 1983). Bien les informations disponibles soient très limitées, on sait que les chlorobenzènes pourraient exercer des effets létaux et sous-létaux sur les organismes aquatiques. Par exemple, la CL_{50} du 1,2,3-TCB et du 1,2,4,5-TeCB pour l'amphipode *Rhepoxinius abronius* est d'environ 9,3 et $29,5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ respectivement, pour une exposition de 10 jours (Doe et al., 1995). Pour ce qui est de la toxicité chronique, les effets des chlorobenzènes sur la santé

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

incluent des changements pathologiques du foie, de la thyroïde, de la rate, du thymus, des reins, des ganglions lymphatiques et des poumons. Toutefois, ces effets sont induits à des doses relativement élevées, et une concentration sans effet observé (CSEO) de $300 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a été établie dans le cadre du programme national sur la toxicité du MDE (W.R. Ernst, comm. pers.).

4. DISTRIBUTION DES BPC DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

4.1 Sédiments

Le patron général de la distribution des BPC dans les sédiments de l'estuaire et du golfe du St-Laurent n'est pas bien documenté. Toutefois, les informations disponibles démontrent que les BPC s'accumulent dans les sédiments du chenal Laurentien, lequel est le principal site de déposition des sédiments fins dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Les résultats provenant de trois carottes de sédiments prélevées en 1992 à des profondeurs supérieures à 300 m le long de l'axe longitudinal du Chenal dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent révèlent des concentrations de BPC jusqu'à $0,075 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Fig. 3). En outre, les teneurs maximums en BPC dans les sédiments diminuent vers l'aval de l'estuaire jusqu'à $0,25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ au large de Pointe-des-Monts, à l'entrée du golfe du Saint-Laurent. En général, la teneur en BPC est plus faible dans les sédiments de surface récemment déposés que dans les sédiments profonds, ce qui indique une diminution des apports de BPC dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent au cours des dernières décennies.

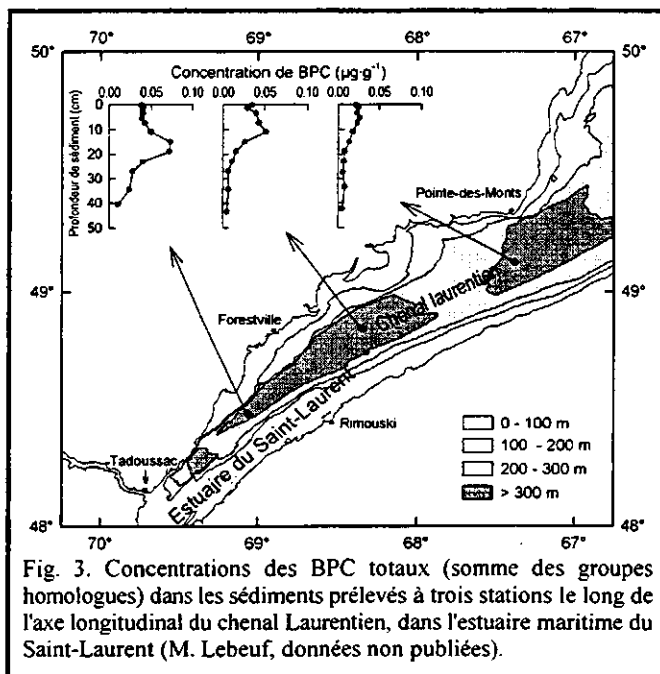


Fig. 3. Concentrations des BPC totaux (somme des groupes homologues) dans les sédiments prélevés à trois stations le long de l'axe longitudinal du chenal Laurentien, dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent (M. Lebeuf, données non publiées).

Il existe peu de mesures de concentrations de BPC dans les sédiments des régions hauturières du golfe du Saint-Laurent. Des données non publiées recueillies à deux stations dans le chenal Laurentien sont résumées à l'annexe II. Les échantillons de sédiments recueillis en 1988 dans la baie St-Georges firent l'objet d'un dosage des BPC, mais les valeurs mesurées étaient inférieures au seuil de détection [$< 1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$].

4.2 Biote

Des BPC ont été détectés dans des organismes de tous les niveaux trophiques des écosystèmes aquatiques. Les travaux effectués dans le golfe du St-Laurent ont révélé la présence de BPC dans le plancton, la faune benthopélagique, les poissons, les oiseaux de mer et les mammifères marins (Harding, 1992; Harding *et al.*, 1996). L'Aroclor 1242, dosé en fonction de sa composition en congénères, a été mesuré dans le plancton et les poissons pélagiques de la baie St-Georges en 1993-94; les résultats obtenus, qui n'ont pas été publiés, sont résumés à l'annexe II. La concentration moyenne d'Aroclor 1242 dans les poissons non migrateurs ($8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en poids humide) était 4 fois supérieure aux valeurs maximums trouvées dans diverses classes de taille de plancton. Pour les mammifères marins et le thon rouge du Golfe, les teneurs atteignaient des valeurs jusqu'à deux ordres de grandeur plus élevées que celles mesurées dans les poissons (Harding *et al.*, 1996).

Des travaux plus récents effectués dans le cadre du Programme du MPO sur les produits toxiques montrent que les congénères toxiques de BPC s'accumulent dans les poissons et les invertébrés de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les congénères les plus toxiques, c'est-à-dire les congénères 77, 126 et 169, ont été détectés dans le muscle, le foie et les gonades de morues récoltées dans le secteur nord-est du Golfe et de flétans du Groënland capturés dans l'Estuaire (Lebeuf *et al.*, 1995). La concentration des congénères de BPC les plus communs était inférieure à $0,75 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en moyenne dans la glande digestive du crabe des neiges de l'estuaire du Saint-Laurent (Fig. 4). Cette concentration est environ sept fois plus élevée que celle trouvée dans les crabes pêchés dans le golfe du St-Laurent à Chéticamp, en Nouvelle-Écosse

(voir l'annexe VII). La teneur en BPC dans les muscles du crabe est environ 10 fois inférieure à celle trouvée dans les glandes digestives (Fig. 4). La très toxique furanne 2,3,7,8-T4CDF, qui est présente en traces dans le mélange d'Aroclor 1242, a également été détectée dans le biote de l'estuaire (Brochu *et al.*, 1995) et du golfe du Saint-Laurent (M. Lebeuf, comm. pers.).

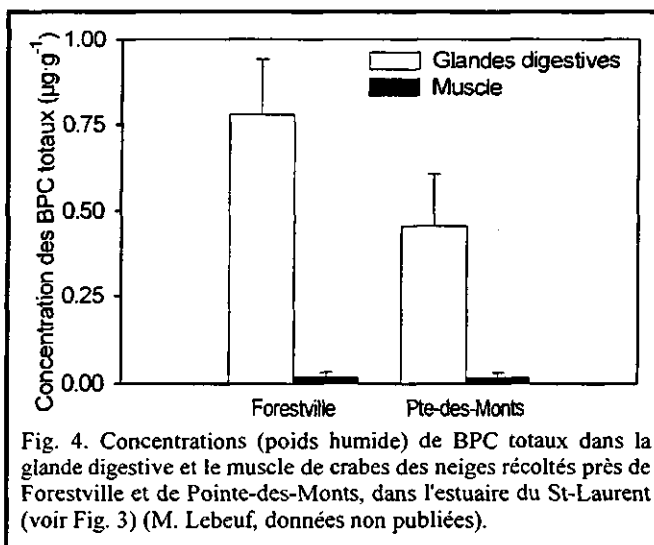


Fig. 4. Concentrations (poids humide) de BPC totaux dans la glande digestive et le muscle de crabes des neiges récoltés près de Forestville et de Pointe-des-Monts, dans l'estuaire du St-Laurent (voir Fig. 3) (M. Lebeuf, données non publiées).

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) et le béluga sont sans contredit les ressources biologiques de l'estuaire du St-Laurent qui sont actuellement les plus contaminées par les BPC. Les teneurs en BPC dans les anguilles adultes qui migrent dans l'estuaire du Saint-Laurent ont diminué au cours des dernières années et en 1990, elles étaient en moyenne inférieures à la norme canadienne de $2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pour les BPC dans le poisson et les produits du poisson (moyenne géométrique de $1,43 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Hodson *et al.*, 1992, 1994). Toutefois, la plupart des anguilles contaminées qui migrent dans l'estuaire du Saint-Laurent ont accumulé leur charge en BPC en amont, dans les Grands Lacs et les tributaires du fleuve Saint-Laurent (Castonguay *et al.*, 1989). Néanmoins, l'anguille d'Amérique a été identifiée comme un vecteur possible par lequel les BPC pourraient être transférés à la population de bélugas de l'Estuaire (Béland *et al.*, 1993).

Les teneurs en BPC totaux dans le tissu adipeux de bélugas trouvés échoués sur les rives du Saint-Laurent en 1986-1987 étaient situées entre $14,5$ et $89,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et variaient selon leur âge et leur sexe (Muir *et al.*, 1990). Toutefois, des études récentes sur la contamination par les organochlorés des bélugas du Saint-Laurent ont montré que les teneurs en BPC (en termes d'Aroclor) dans le tissu adipeux avaient diminué considérablement de 1982-1985 à 1993-94 (Muir *et al.*, 1996a). De plus, les facteurs de bioamplification (FBA) des BPC des poissons vers les bélugas dans le Saint-Laurent varient de 11 à 16 et sont semblables à ceux observés chez les populations arctiques, ce qui indique que les teneurs élevées dans les bélugas du Saint-Laurent sont le résultat des concentrations relativement élevées de BPC dans leurs proies (Muir *et al.*, 1996a). À titre de comparaison, les concentrations de BPC dans le tissu adipeux de phoques du Groënland capturés dans le golfe du Saint-Laurent au début des années 1970 étaient de $7,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (poids humide) en moyenne (Addison *et al.*, 1973), mais elles avaient diminué légèrement au début des années 1980 ($4,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Addison *et al.*, 1984). Des mesures récentes effectuées sur cette même espèce dans divers secteurs de l'Estuaire et du Golfe indiquent que les concentrations de BPC, en termes d'Aroclor 1254, dans le tissu adipeux sont plus faibles ($0,24 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; C.W. Desjardins, MPO, Direction de l'inspection, données non publiées).

4.3 Bilan de masse

On a estimé les apports et les pertes annuelles ainsi que les concentrations de BPC dans divers réservoirs de l'estuaire maritime et du golfe du Saint-Laurent dans le but de mettre en contexte un déversement accidentel

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

de l'*Irving Whale* par rapport aux concentrations et aux flux actuels de BPC. Aux fins du présent exercice, l'Estuaire maritime représente la partie de l'estuaire du Saint-Laurent qui s'étend de l'embouchure du fjord du Saguenay à Pointe-des-Monts (voir la Fig. 3), alors que le Golfe est la région marine comprise entre Pointe-des-Monts et les détroits de Cabot et de Belle-Isle (Strain, 1988a). Les apports et les pertes annuels utilisés pour les calculs du bilan de masse des BPC (voir l'annexe II) sont résumés à la Fig. 5 et les charges estimées de BPC dans les divers réservoirs à BPC trouvés dans l'estuaire et le golfe du St-Laurent sont données à la Fig. 6. Il est important de mentionner que les pertes de BPC par évaporation dans l'atmosphère n'ont pu être calculées en raison du manque d'informations disponibles; celles-ci seraient cependant très faibles étant donné les propriétés physico-chimiques des BPC (voir section 3.1).

La Fig. 5 montre que les pertes annuelles totales estimées de BPC provenant de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent ($1164 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$) sont approximativement égales aux apports calculés ($1025 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$). Bien que l'équilibre du bilan soit encourageant lorsqu'on considère les multiples hypothèses de calcul, l'état stationnaire apparent du système peut ne pas être représentatif de la réalité. Les échanges d'eau par le détroit de Cabot constituent la voie dominante de transport des BPC et résultent en une perte nette en raison des concentrations présumément plus faibles dans les eaux pénétrant dans le Golfe. Toutefois, l'incertitude concernant les flux à travers le détroit de Cabot est élevée. En effet, il existe un manque d'informations sur les teneurs en BPC dans les eaux marines à l'intérieur et à l'extérieur du Golfe, et la plage de variations des concentrations trouvées est élevée, soit par un facteur de cinq. La valeur médiane de l'échange à travers le

détroit de Cabot est en grande partie déterminée par l'ampleur des concentrations maximales choisies. Les valeurs médianes des apports annuels provenant du fleuve Saint-Laurent et des autres tributaires ainsi que des retombées dues aux vapeurs atmosphériques sont inférieures aux flux à travers le détroit de Cabot. Toutefois, les deux sont du même ordre de grandeur (médianes variant de 200 à $300 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$) tout en étant 10 fois plus élevées que les apports dus aux précipitations sous forme de pluie et de neige. En l'absence de mesures directes des concentrations atmosphériques, les estimations des retombées de BPC dues aux vapeurs atmosphériques sont considérées comme étant approximatives.

La valeur médiane pour la sédimentation des BPC dans l'Estuaire maritime ($242 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$) correspond à 81 % des apports annuels provenant du fleuve Saint-Laurent ($357 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$) et est quelque 100 fois supérieure aux pertes par sédimentation dans le Golfe ($3 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$). Les apports des autres tributaires dans le Golfe sont équivalents aux pertes par sédimentation. Celles-ci dans l'Estuaire maritime reflètent les taux de déposition élevés des sédiments inorganiques provenant du Fleuve dans cette région (Pocklington et Tan, 1987; Yeats, 1988). Dans le fleuve Saint-Laurent, Quémerais *et al.* (1994a) ont évalué le flux annuel de BPC totaux près de Québec à $350 \pm 78 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$. L'estimation antérieure effectuée par Comba *et al.* (1989a,b) pour 1986-87 donne une valeur plus élevée ($850 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$), mais qui se situe dans la plage de variation des valeurs calculées par Comba et Kaiser (1990) pour le débit annuel à Québec ($500 - 1500 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$). Gobeil et Lebeuf (1992) ont estimé que le taux moyen d'accumulation des BPC dans les sédiments profonds de l'Estuaire maritime depuis dix ans a été de $450 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$, ce qui correspond à l'estimé maximal utilisé dans le présent bilan de masse pour ce qui est de la sédimentation dans l'Estuaire maritime (voir l'annexe II). Les pertes par sédimentation et par la pêche dans le Golfe ne représentent qu'une faible fraction ($< 2 \%$) des pertes totales.

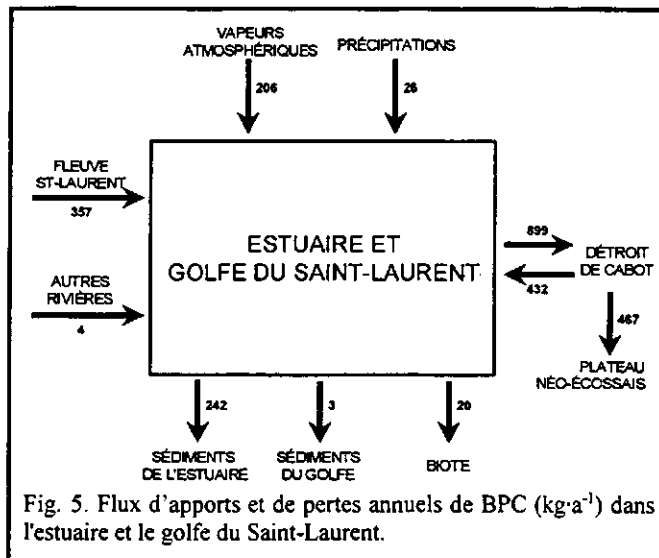


Fig. 5. Flux d'apports et de pertes annuels de BPC ($\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

La distribution estimée des BPC dans divers réservoirs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Fig. 6) montre qu'environ 86 % (48,9 T) de la charge totale en BPC dans le Golfe (56,8 T) est accumulée dans les sédiments. Cet estimé inclut les charges dans les sédiments (à plus de 200 m de profondeur) qui ont été calculées à partir des taux de sédimentation. En estimant les charges à des profondeurs de plus de 200 m à partir des inventaires dans les sédiments, la contribution totale des sédiments (44,6 T) à la charge totale dans le Golfe (52,5 T) demeure environ la même à 85 %. Une charge additionnelle de 18,5 à 26,4 T est accumulée dans les sédiments de l'Estuaire maritime, dépendant de la méthode utilisée pour estimer la charge sédimentaire. Les charges sédimentaires dans l'Estuaire maritime sont du même ordre de grandeur que celles dans le Golfe, lequel occupe une plus grande surface, ce qui traduit des concentrations beaucoup plus élevées de BPC dans les sédiments de l'Estuaire maritime. Il est important de noter également que les sédiments des zones moins profondes (< 200 m), où se trouve l'épave de l'*Irving Whale*, ne contiennent que 8 % de la charge totale en BPC dans le Golfe. Les eaux de l'Estuaire et du Golfe ne contiennent que 6 % de la charge totale, ce qui indique la faible solubilité des BPC dans l'eau.

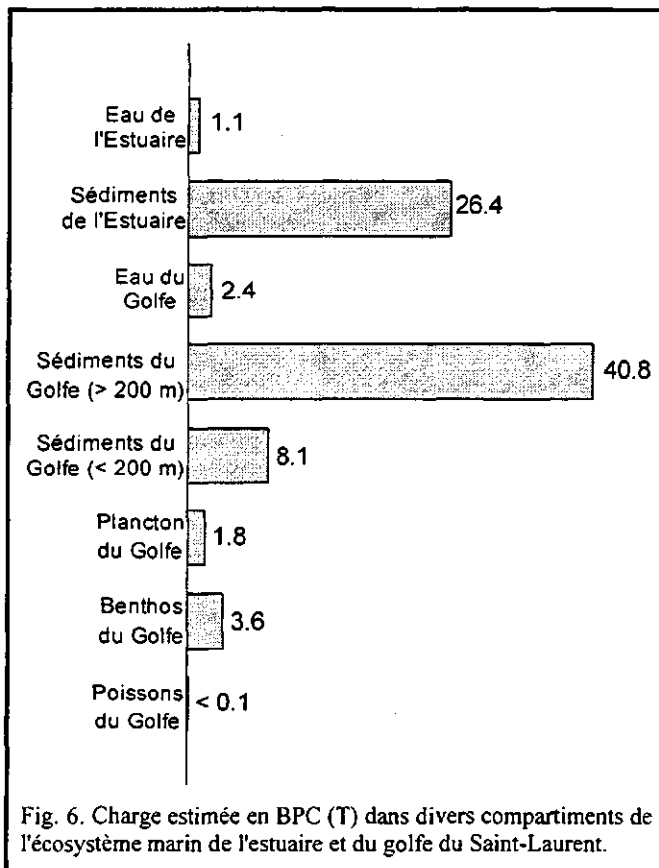


Fig. 6. Charge estimée en BPC (T) dans divers compartiments de l'écosystème marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

En se basant sur les estimés de biomasse provenant des débarquements commerciaux, le plancton et la faune benthique contiennent un total de 5,5 T de BPC, c'est-à-dire environ 12 % de la charge totale en BPC dans le Golfe. Les niveaux plus élevés dans les tissus des organismes benthiques résultent en une charge environ deux fois plus élevée que celle retrouvée dans le plancton. Ces estimés sont également en accord avec l'association prédominante des BPC avec les sédiments. Par contraste, les ressources halieutiques contiennent seulement une faible fraction (< 0,2 %) de la charge totale, en raison de leur plus faible biomasse et de leurs plus faibles concentrations en BPC.

Il est important de noter que les incertitudes associées aux calculs du bilan de masse sont élevées. Toutefois, tel que mentionné précédemment, deux méthodes différentes et indépendantes ont été utilisées pour estimer la charge totale de BPC dans les sédiments de l'Estuaire maritime et du Golfe (voir l'annexe II pour plus de précisions). Les valeurs estimées à partir de la méthode des taux de sédimentation (67 T) et de celle de l'inventaire dans les sédiments (55 T) sont du même ordre de grandeur. De plus, on a estimé les valeurs minimum et maximum des flux annuels et de la charge totale en BPC dans le Golfe (voir l'annexe II pour plus de précisions). Malgré le peu de données sur lesquelles reposent ces valeurs, l'intervalle calculé est relativement faible soit de 38 T à 44 T. La similarité des estimés calculés avec les deux méthodes et le faible intervalle séparant les valeurs minimums des valeurs maximums permettent de supposer que les hypothèses avancées dans les calculs du bilan masse sont raisonnables malgré les incertitudes.

En résumé, la charge totale en BPC dans le golfe du Saint-Laurent se situerait dans l'intervalle de 52 à 57 T, la limite inférieure ayant été calculée à partir de l'inventaire des BPC dans les sédiments du golfe et la limite supérieure étant basée sur les taux de sédimentation (voir l'annexe II). En tenant compte des BPC présents dans

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

l'Estuaire maritime, la charge totale augmente à quelque 72-85 T dans l'ensemble du système de l'Estuaire et du Golfe. Malgré les incertitudes associées aux calculs du bilan massique, il ressort que les BPC contenus initialement dans le système de chauffage en circuit fermé de la barge (~ 7,25 T) correspondent à 8-10 % de la charge totale estimée dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Toutefois, l'importance des BPC contenus dans l'*Irving Whale*, par rapport à la charge totale estimée dans le Golfe, varie selon la composition en congénères (Tableau 2). La majorité de la contribution potentielle d'un éventuel déversement de BPC de la barge proviendrait de trois groupes de congénères, soit les dichlorobiphényles, les trichlorobiphényles et les tétrachlorobiphényles (voir aussi la section 3.1). Par exemple, la charge en dichlorobiphényles contenue au départ dans la barge correspond à environ 65 % de leur charge estimée dans les sédiments de l'Estuaire maritime et du Golfe (Tableau 2). Toutefois, leur contribution à long terme serait beaucoup moins importante étant donné que les BPC faiblement chlorés ne sont pas aussi persistants dans l'environnement que les BPC fortement chlorés. En effet, la charge sédimentaire de monochlorobiphényles et de dichlorobiphényles est relativement faible dans l'Estuaire maritime et le Golfe en comparaison avec les groupes de congénères plus chlorés, et ils n'ont pas tendance à se bioaccumuler dans les chaînes trophiques.

Tableau 2. Contribution potentielle, par groupe de congénères, des PCB contenus initialement dans l'*Irving Whale* à la charge totale estimée dans les sédiments de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

Groupes de congénères	Composition de l'Aroclor 1242 (%) ¹	Charge de l' <i>Irving Whale</i> (T) ²	BPC dans les sédiments de l'Estuaire et du Golfe		Contribution de l' <i>Irving Whale</i> (%)
			Composition (%) ³	Charge totale (T) ⁴	
Monochlorobiphényles	0,9	0,1	3,4	1,9	< 0,1
Dichlorobiphényles	15,0	1,1	3,0	1,7	64,7
Trichlorobiphényles	35,3	2,6	17,7	9,7	26,8
Tétrachlorobiphényles	32,6	2,4	19,4	10,7	22,4
Pentachlorobiphényles	13,2	1,0	21,7	11,9	8,4
Hexachlorobiphényles	2,4	0,2	19,7	10,8	1,9
Heptachlorobiphényles	0,2	< 0,1	11,3	6,2	< 0,1
Octachlorobiphényles	0,0	0,0	2,6	1,4	0,0
Nonachlorobiphényles	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0
Décachlorobiphényles	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0
Total	99,6	7,2	100,0	55,0	13,1

¹ D'après Albro et Parker (1979) et Schulz *et al* (1989)

² Basé sur un volume total de 6 720 L contenant 80 % Aroclor 1242 @ 1,35 g · ml⁻¹

³ M. Lebeuf (données non publ.)

⁴ Inventaire basé sur la distribution du plomb dans les sédiments de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (voir l'annexe II)

5. LOCALISATIONS INITIALE ET ACTUELLE POSSIBLES DES BPC DE L'IRVING WHALE

5.1 Emplacement initial des BPC dans la barge au moment du naufrage

Avant le naufrage de l'*Irving Whale* en 1970, les BPC se trouvaient dans un système de chauffage en circuit fermé à l'intérieur de la barge (Fig. 7). Ce circuit de chauffage servait à maintenir la cargaison de Bunker C dans les huit réservoirs de la barge à une température de 55 à 60 °C pendant le transport. On estime qu'il y avait approximativement 6720 L de *Monsanto MCS 295S* dans le système de chauffage au moment du naufrage, dont 80 % (~ 5376 L) était de l'Aroclor 1242. La plus grande partie (82 %) se trouvait à l'intérieur de la coque de la barge dans les salles des machines et de pompage (3710 L de *MCS 295S*, soit 2970 L d'Aroclor 1242) ainsi que dans les serpentins chauffants de tous les réservoirs (1820 L de *MCS 295S* ou 1460 L d'Aroclor 1242), tandis que le reste (18 %) se trouvait dans les conduits principaux externes (1180 L de *MCS 295S* ou 944 L d'Aroclor 1242).

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Une certaine quantité de BPC s'est sans aucun doute écoulee de la barge lors du déversement initial de pétrole qui a suivi le naufrage en 1970. En effet, l'analyse de vieux échantillons de pétrole résiduel datant de 1970 et prélevés en 1995 en divers lieux d'enfouissement sur les plages des Îles-de-la-Madeleine a révélé des concentrations de BPC atteignant respectivement 127,2 et 32,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ dans le pétrole et dans des mélanges de pétrole et de sable (voir l'annexe IV). Bien que les BPC et le mazout lourd n'aient pas tendance à se mélanger dans les conditions normalement observées autour de l'*Irving Whale* (voir section 3.1), la température élevée des deux produits au moment du naufrage a probablement favorisé dans une certaine mesure leur mélange lors du déversement initial. La quantité totale de BPC recueillis dans des sacs de plastique lors du premier déversement en 1970 et enfouie sur les plages des Îles-de-la-Madeleine a été évaluée à 50 kg.

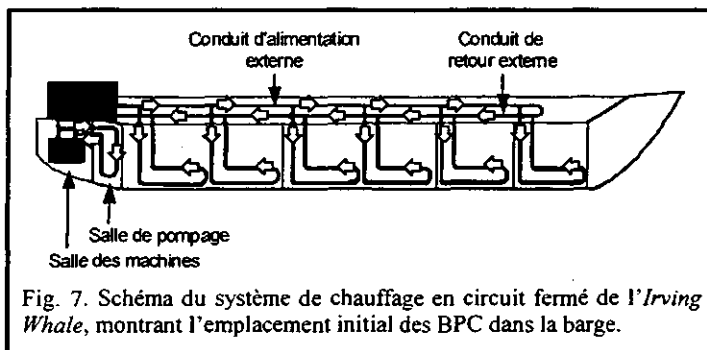


Fig. 7. Schéma du système de chauffage en circuit fermé de l'*Irving Whale*, montrant l'emplacement initial des BPC dans la barge.

En plus des BPC, l'Aroclor 1242 contient aussi en traces des PCDD et des PCDF (voir section 3.1). Il a été établi, à partir des concentrations de ces composés rapportées pour l'Aroclor 1242, que le liquide caloporteur de la barge contenait initialement 0,02 μg de PCDD et 4,35 g de PCDF, dont 0,7 g de 2,3,7,8- et de 2,3,4,8-TCDF.

5.2 PCB contenus dans les sédiments et le biote au voisinage de la barge

5.2.1 Sédiments

Les sédiments au voisinage de l'*Irving Whale* sont essentiellement sablonneux, les particules ayant un diamètre moyen de 0,06 à 2,0 mm et présentant une très faible teneur en carbone organique (voir l'annexe IX). En se basant sur des observations faites à l'aide d'une caméra vidéo, les sédiments de fond sont qualifiés de sable boueux, avec la présence d'un nombre relativement élevé de roches et de blocs rocheux provenant du littoral du Golfe et transportés par les glaces durant l'hiver. La qualification de sable boueux est supportée par les analyses granulométriques, selon lesquelles les sédiments sont constitués à 95 % de sable et à 5 % de limon (les résultats sont donnés à l'annexe IX). À la profondeur de la barge, soit 67 m, les vagues en surface et les courants de marées sont suffisamment forts pour entraîner la remise en suspension et le transport des sédiments de fond.

L'analyse des échantillons de sédiments prélevés au voisinage de l'*Irving Whale* montre que les sédiments dans la région immédiate de la barge sont contaminés par les BPC (Fig. 8). Les concentrations d'Aroclor 1242 dans les sédiments sont les plus élevées juste à côté de l'Ir-

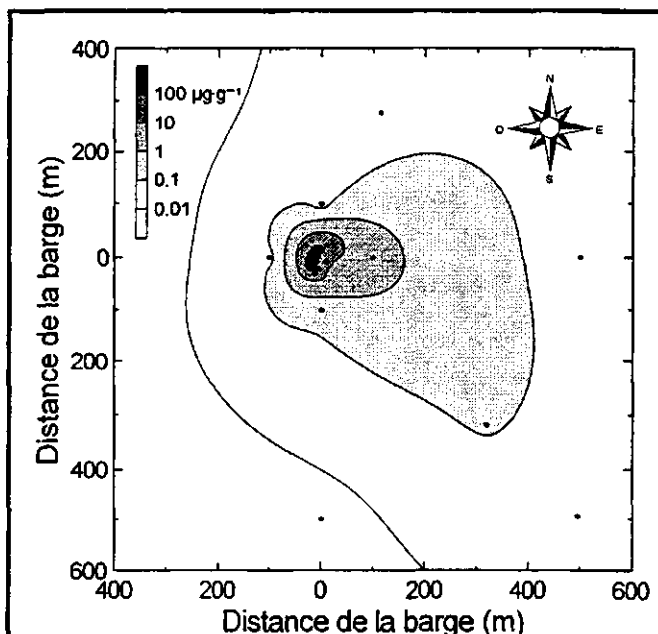


Fig. 8. Variations spatiales des concentrations de BPC (Aroclor 1242) dans les échantillons de sédiments de surface prélevés au voisinage de la barge *Irving Whale* (points) en 1994 et 1995. Les données brutes sont fournies à l'annexe V.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Irving Whale, atteignant $890 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et diminuent rapidement en s'éloignant de la barge. Toutefois, une zone présentant des concentrations plus élevées en BPC dans les sédiments peut être observée à l'est et au sud-est de la barge. Cette répartition spatiale des BPC dans les sédiments est en accord avec l'orientation des courants à court terme et la circulation résiduelle au voisinage de la barge (voir la section 2.1).

Ces observations pourraient résulter d'un écoulement intermittent ou continu de BPC à partir de la barge, ou simplement du fait qu'elle a fait obstacle aux courants locaux après une fuite unique qui s'est produite au moment du naufrage. Cet effet d'obstacle créé par la barge nuirait à la dispersion du contenu sur le fond marin. Les concentrations de BPC dans les sédiments demeureraient donc élevées même sans fuite additionnelle, uniquement parce que l'Aroclor 1242 se disperserait beaucoup plus lentement que dans le voisinage. En fait, des concentrations dans les sédiments qui sont supérieures aux niveaux de base de BPC dans le Golfe peuvent être détectées jusqu'à 5 km au sud-est de la barge. Ces BPC se seraient déplacés à une vitesse minimale de $17 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$ en 25 ans si une fuite ne s'était produite qu'au moment du naufrage. Toutefois, les concentrations de BPC

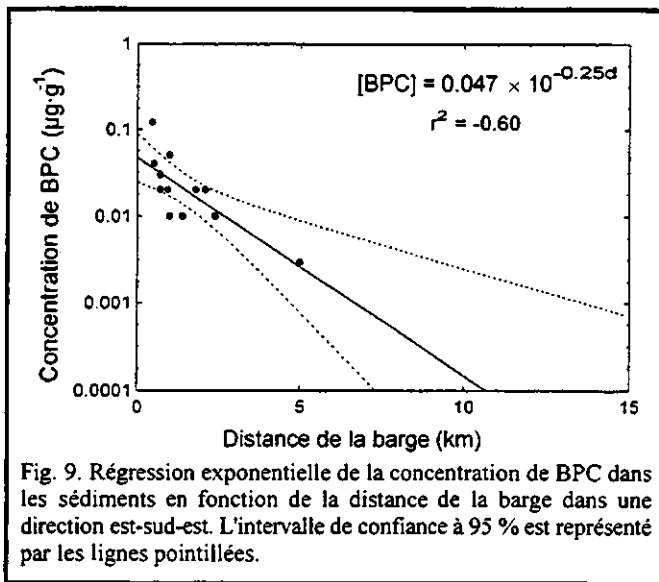


Fig. 9. Régression exponentielle de la concentration de BPC dans les sédiments en fonction de la distance de la barge dans une direction est-sud-est. L'intervalle de confiance à 95 % est représenté par les lignes pointillées.

normalement mesurées dans les sédiments du Golfe comme ceux des environs de l'*Irving Whale* sont de beaucoup inférieures au seuil de détection utilisé dans la présente analyse, soit $0,001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. En posant comme hypothèse une concentration normale de fond de $0,0001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, un estimé de l'étendue spatiale de la contamination par les BPC autour de la barge peut être calculé au moyen d'une relation exponentielle décrivant la concentration de BPC dans les sédiments en fonction de la distance de la barge (Fig. 9). Les concentrations normales de fond seraient atteintes à environ 11 km de la barge dans la direction est-sud-est, et à 4 km dans les autres directions. En présumant toujours qu'il n'y a eu qu'un déversement, soit au moment du naufrage, ces estimés se traduisent par des vitesses de déplacement des sédiments de fond de l'ordre de $36 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$ dans la direction est-sud-est et de $13 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$ dans les autres directions. Cette tendance au déplacement dans différentes directions et à différentes amplitudes concorde avec le type de sédiment et les courants de fond résultant des marées et des tempêtes dans le secteur (G. Drapeau, comm. pers.; Drapeau et Mercier, 1990).

En combinant les observations avec l'étendue spatiale estimée de la contamination autour de l'*Irving Whale*, on estime que la quantité totale de BPC associés aux sédiments autour de la barge correspond à quelque 37,5 kg, ce qui est faible comparativement à la charge initialement présente dans l'*Irving Whale* au moment du naufrage. Cette estimation indique que seulement de faibles quantités de BPC ont peut-être fui ou qu'une certaine quantité pourrait avoir été dispersée au cours des 25 dernières années. Plusieurs mécanismes de dispersion pourraient avoir été impliqués dans ce processus, dont : (1) le transport de particules fines en suspension auxquelles les BPC ont tendance à s'associer; (2) la formation de colloïdes entraînés par les courants; (3) la solubilisation des BPC dans l'eau, qui est faible toutefois; (4) le transport des sédiments; et (5) le transport biologique.

Une analyse de la composition des BPC ainsi que des concentrations de chlorobenzènes dans les sédiments autour de l'*Irving Whale* semble indiquer qu'au moins une ou plusieurs autres fuites de BPC, autres que le déversement initial survenu en 1970, aient pu se produire depuis le naufrage. D'une part, la composition en congénères des BPC dans les sédiments prélevés immédiatement à côté de la barge est très similaire à celle de l'Aroclor 1242, indiquant qu'ils proviennent bien de l'*Irving Whale* (P. Hennigar, comm. pers.). De plus, la concentration relative des fractions moins chlorées d'Aroclor dans les sédiments a tendance à diminuer au

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

fur et à mesure que l'on s'éloigne de la barge (P. Hennigar, données non publiées). Tel que mentionné déjà, ces fractions sont moins persistantes dans l'environnement que les congénères de BPC plus chlorés, indiquant ainsi que les BPC subissaient une certaine dégradation au fur et à mesure qu'ils étaient dispersés à partir de la barge. En conséquence, la distribution des congénères moins chlorés dans les sédiments autour de la barge concorderait avec l'occurrence d'une fuite intermittente ou continue depuis les 25 dernières années. D'autre part, les chlorobenzènes sont moins persistants que les BPC dans l'environnement, mais ils ont été détectés en concentrations mesurables dans les sédiments à proximité de la barge. Leur proportion, par rapport à la somme des concentrations de BPC totaux et de chlorobenzènes, varie de < 1 % à 6,8 % dans les sédiments tout juste à côté de la barge (voir l'annexe V), soit plus faible que leur composition initiale dans le liquide caloporteur de l'*Irving Whale* (20 %). Néanmoins, les chlorobenzènes sont plus hydrosolubles et plus volatiles que les BPC, et leur demi-vie dans les sédiments est de l'ordre de 2 à 4 ans (voir section 3.5), ce qui laisse supposer que leur persistance en quantités importantes dans les sédiments à proximité de la barge peut également être le résultat d'une fuite intermittente ou continue depuis le naufrage.

Toutefois, plusieurs processus peuvent affecter la dégradation des BPC et des chlorobenzènes dans les sédiments immédiatement à côté de l'*Irving Whale*, au point que les concentrations actuelles n'auraient pas été causées par la présence d'une fuite intermittente ou continue depuis le naufrage. Bien que les courants locaux à court terme soient intenses au voisinage de la barge (voir section 2.1), la stabilité des eaux et des sédiments dans la zone immédiate de la barge, laquelle résulte de son effet d'obstacle pour les courants, pourrait ralentir la dégradation des chlorobenzènes et des BPC moins chlorés. De plus, la dégradation des chlorobenzènes et des BPC a peut-être été atténuée du fait que ces produits étaient mélangés l'un à l'autre au moment du déversement. Par ailleurs, la demi-vie de 2 à 4 ans pour la dégradation des chlorobenzènes dans les sédiments est reliée à des conditions environnementales qui peuvent être différentes de celles observées à proximité de l'*Irving Whale*. Ces données limitent l'interprétation d'une fuite intermittente ou continue de BPC et de chlorobenzènes provenant de la barge depuis le naufrage. Néanmoins, cette possibilité ne peut être écartée étant donné les informations disponibles.

5.2.2 Biote

Les organismes présents au voisinage de l'*Irving Whale* semblent aussi contaminés par des BPC de la barge (voir les annexes VI, VII et VIII). La plupart des échantillons biologiques prélevés en 1995 près de la barge présentaient des concentrations en BPC plus élevées que celles observées dans les organismes récoltés loin du site, et la composition des BPC dans certains organismes était typique de celle de l'Aroclor 1242. La concentration d'Aroclor 1242 dans la glande digestive d'un crabe des neiges capturé à environ 1 km de la barge atteignait $0,66 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ comparativement à $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ à 4 km, la présence d'Aroclor 1242 n'ayant pas été clairement établie dans le dernier échantillon (voir l'annexe VI). Les concentrations en termes de BPC totaux dans la glande digestive des crabes des neiges capturés à 30 m à l'est et à 500 m au nord de la barge atteignaient respectivement $1,031 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ et $0,332 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, par rapport à $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ à un site de référence près de Chéticamp (N.-É.) (voir l'annexe VII). Cette répartition spatiale de la contamination par les BPC dans les crabes autour de l'*Irving Whale* concorde avec leurs déplacements connus. Les déplacements à long terme des crabes ne dépassent normalement pas 25 km en moyenne (Dufour 1988), mais les femelles de même que les mâles de dernière mue sont relativement sédentaires, ayant parcouru moins de 1 km en 2 à 3 ans dans certains cas (B. Sainte-Marie, comm. pers.). La contamination des crabes à proximité de la barge se compare à celle observée dans les crabes de l'estuaire du Saint-Laurent (voir la Fig. 4), ce qui indique que les crabes des neiges au voisinage de la barge ne sont pas plus contaminés que ceux de l'Estuaire.

D'autres espèces, comme les crevettes de sable (*Crangon* sp.) et les chaboisieux, prélevées à 1 km de la barge, étaient également contaminées par l'Aroclor 1242. La contamination locale du biote qui peut être attribuée à la présence de BPC de l'*Irving Whale* dans l'environnement semble être limitée à un rayon de 2 km de la barge.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

5.3 Évaluation de l'état actuel de la cargaison résiduelle de BPC de l'*Irving Whale*

D'après les observations rapportées précédemment, il appert que les BPC pourraient s'être écoulés de façon continue ou au moins à deux autres occasions depuis 1970. D'une part, certains BPC se sont échappés lors du premier déversement de pétrole survenu en 1970 après le naufrage et ont été emportés par la nappe de pétrole aussi loin qu'aux Îles-de-la-Madeleine. D'autre part, la présence dans les sédiments immédiatement à côté de la barge de chlorobenzènes et de BPC faiblement chlorés, ces derniers en proportions semblables à la composition de l'Aroclor 1242, laisse supposer qu'un autre déversement de BPC s'est peut-être produit ces dernières années. Toutefois, il est impossible de conclure que des BPC pourraient avoir été déversés de manière continue ou intermittente, et donc d'estimer la quantité totale qui s'est échappée depuis le naufrage. En résumé, des quantités relativement faibles de BPC ont été relevées dans les sédiments autour de la barge (~ 37,5 kg) et dans les résidus récupérés aux Îles-de-la-Madeleine en 1970 (~ 50 kg). En outre, les BPC n'ont pas été détectés dans les échantillons de pétrole prélevés dans la barge et dans les nappes de surface provenant de fuites intermittentes depuis 1970 (voir l'annexe III).

6. CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES POSSIBLES D'UN DÉVERSEMENT DE BPC PROVENANT DE L'IRVING WHALE

6.1 Scénarios possibles

Afin de déterminer les différents scénarios possibles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale* et leurs conséquences potentielles sur le milieu marin du golfe du Saint-Laurent, il faut tenir compte des faits et conclusions suivants, lesquels découlent des sections précédentes :

- les BPC contenus initialement dans la barge pourraient représenter une proportion non négligeable (de l'ordre de 10 %) de la charge totale estimée dans le golfe du Saint-Laurent;
- des BPC pourraient s'être échappés de façon continue ou au moins en deux occasions, soit lors du naufrage et plus récemment, au cours des 25 dernières années;
- la quantité résiduelle de BPC dans la barge pourrait être importante;
- les BPC sont plus lourds que l'eau de mer; ils sont peu solubles dans l'eau et ont par conséquent tendance à couler au fond et/ou à s'associer à des particules fines;
- les BPC sont solubles dans les produits pétroliers, mais leur miscibilité dans le mazout lourd est considérablement réduite sous les conditions de température qui prévalent autour de l'*Irving Whale*;
- les chlorobenzènes, qui constituent 20 % du fluide caloporteur de la barge, sont moins persistants que les BPC dans l'environnement et n'ont pas tendance à se bioaccumuler dans les chaînes alimentaires;
- les sédiments au voisinage de la barge sont sablonneux et très pauvres en carbone organique, ce qui indique qu'il n'y a pas de dépôt net de sédiments en raison du régime de courants forts dans la région;
- les sédiments dans le voisinage immédiat de la barge (à quelques mètres) sont très contaminés par les BPC, mais les concentrations diminuent rapidement en s'éloignant de la barge, et les concentrations normales de fond présumées à $0,0001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sont atteintes à environ 11 km à l'est-sud-est de la barge et à 4 km dans les autres directions;
- la répartition spatiale des BPC dans les sédiments autour de la barge concorde avec la circulation marine locale, et le déplacement des sédiments est évalué à $36 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$ vers l'est et le sud-est et à $13 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$ dans les autres directions, avec une moyenne de $19 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$;
- à l'échelle régionale, l'eau et les sédiments fins seraient transportés vers le nord-est depuis l'*Irving Whale*, en direction du chenal Laurentien, lequel serait atteint après 5 à 6 mois, mais leur dispersion atteindrait l'ensemble du Golfe après quelques années;
- les BPC sont très persistants et lipophiles, et ont par conséquent tendance à s'accumuler dans les tissus biologiques, à se bioconcentrer et à se bioamplifier dans les chaînes alimentaires;
- certains congénères des BPC sont très toxiques et pourraient avoir des effets létaux aigus et des effets sous-létaux chroniques sur les organismes dans certaines conditions environnementales;

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

- la contamination des organismes benthiques par les BPC provenant de l'*Irving Whale* n'a été observée qu'au voisinage de la barge (à l'intérieur d'un rayon de 2 km), mais les concentrations sont inférieures aux normes canadiennes pour les contaminants chimiques dans le poisson et les produits du poisson ($2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

En conséquence, trois scénarios différents peuvent être envisagés pour un déversement possible de BPC de l'*Irving Whale*, soit :

- 1) un écoulement faible intermittent ou continu des BPC contenus dans la barge;
- 2) un déversement important près du fond de BPC provenant de la barge; et
- 3) un déversement important en surface de BPC provenant de la barge.

Tandis que le premier scénario pourrait continuer à se produire si la barge est laissée dans son état actuel, les deux autres sont plus susceptibles de se produire à la suite d'un accident pendant les opérations de renflouage. Les paragraphes qui suivent traitent du sort possible des BPC et de leurs impact potentiels sur le milieu marin du golfe du Saint-Laurent, pour chacun de ces scénarios (voir l'annexe X pour un résumé schématisé). La possibilité que les BPC se mélangent au pétrole après un déversement n'est pas retenue étant donné que les deux produits ne seraient pas susceptibles de se mélanger dans les conditions prévalant aux environs du site pendant les opérations de renflouage (voir la section 3.1).

6.2 Scénario 1 – Écoulement faible intermittent ou continu de BPC provenant de la barge

Les observations récemment effectuées au voisinage de l'*Irving Whale* montrent que des BPC pourraient s'être écoulés au moins deux fois ou de façon continue depuis 25 ans. Par conséquent, un écoulement faible intermittent ou continu de BPC de l'*Irving Whale* pourrait se poursuivre ou éventuellement se produire si la barge est laissée dans son état actuel. Le cas échéant, ses effets seraient vraisemblablement similaires à ceux observés présentement au voisinage de la barge, soit :

- la contamination des sédiments au voisinage de la barge, avec des niveaux diminuant exponentiellement en fonction de la distance de la barge; et
- la contamination locale des organismes benthiques à l'intérieur d'un rayon de 2 km autour de la barge, mais à des concentrations inférieures aux normes canadiennes pour les contaminants chimiques dans le poisson et les produits du poisson ($2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Ces effets pourraient persister pendant plusieurs décennies selon la quantité résiduelle de BPC dans la barge et leur taux d'écoulement. À long terme, les BPC déversés seraient dispersés loin de la barge et éventuellement dans l'ensemble du Golfe à travers des mécanismes de dissolution, de transport des sédiments et de bioaccumulation dans les chaînes alimentaires. Une certaine proportion s'évaporerait éventuellement dans l'atmosphère ou s'accumulerait dans les sédiments du chenal Laurentien et une autre serait transportée hors du Golfe à travers le détroit de Cabot.

6.3 Scénarios 2 et 3 – Déversement important de BPC de l'*Irving Whale*

6.3.1 Modélisation du comportement de BPC déversés dans l'environnement

6.3.1.1 Le modèle

Le comportement des BPC, lorsque déversés en grandes quantités dans l'environnement, a été modélisé dans le but de déterminer leur devenir à la suite d'un déversement provenant de l'*Irving Whale*. Des simulations de la sédimentation et de l'étalement des BPC ont été effectuées à l'aide d'un modèle basé sur : (1) le comportement de diffusion du dichlorure d'éthylène (Thibodeaux 1980, in Environnement Canada 1984), lequel est présumément similaire au comportement des BPC, dont les coefficients de diffusion ne sont pas connus; et (2) les conditions environnementales observées en été à proximité de la barge. Le modèle tient

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

compte de plusieurs facteurs, dont la formation de gouttelettes, leur diamètre et leur taux de sédimentation, la circulation locale, la diffusion horizontale, ainsi que le type et le déplacement des sédiments (voir l'annexe X pour plus de précisions). Des déversements de BPC se produisant près du fond ou dans les eaux de surface ont tout deux été modélisés pour deux écoulements hypothétiques de 1 200 kg (~ 890 L) et de 7 250 kg (~ 5 370 L). Des déversements en surface et au fond représentent les deux extrêmes pour ce qui est de l'étalement dans la colonne d'eau et on estime que le comportement d'un déversement entre deux eaux serait intermédiaire entre ces deux conditions. Pour ce qui est des quantités déversées qui ont été choisies pour la modélisation, elles correspondent aux quantités hypothétiques déversées à partir des conduits principaux externes (~ 1 200 kg) et au déversement de tous les BPC contenus initialement dans la barge (~ 7 250 kg). Enfin, des simulations ont également été effectuées en vue de dresser un tableau de toutes les situations dix jours après le déversement.

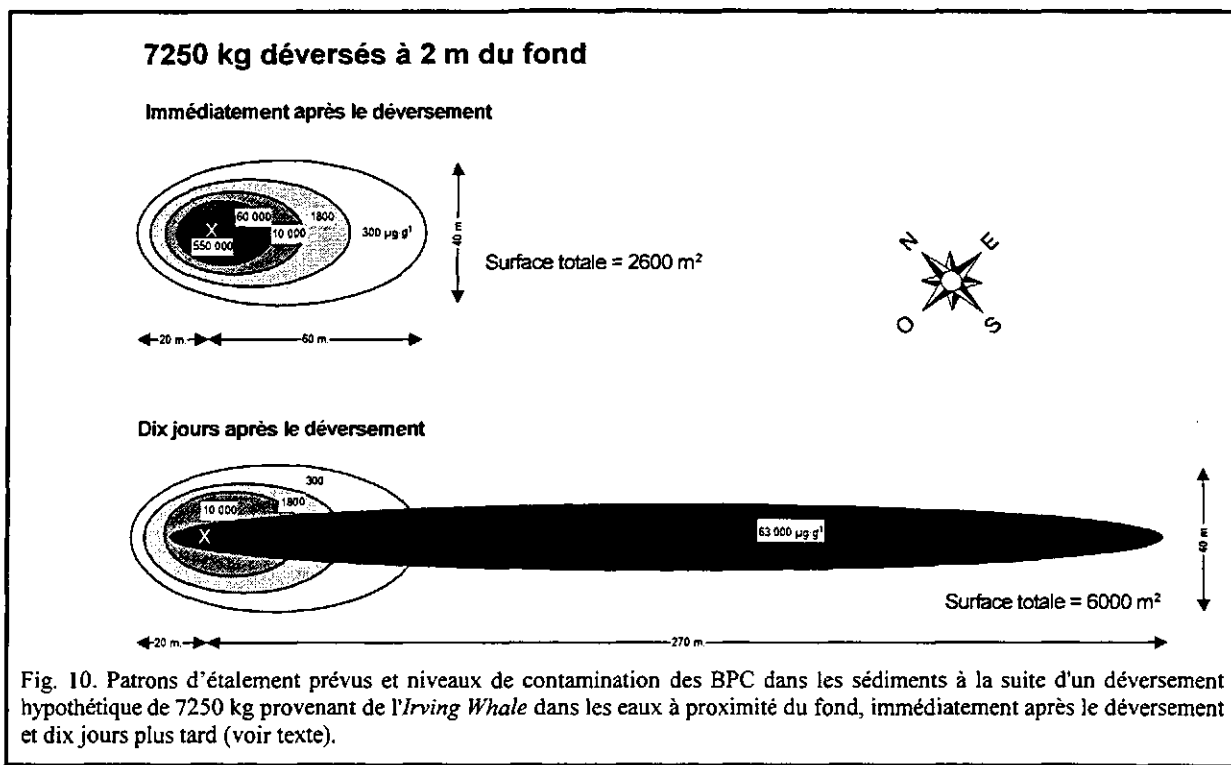
6.3.1.2 Scénario 2 - Comportement des BPC lorsque déversés près du fond

Les simulations d'un déversement de BPC près du fond (~ 2 m) ont généré les résultats suivants (voir Fig. 10) :

- 1) on s'attendrait à ce que les BPC coulent au fond en moins de 5 minutes, puis s'étalent sur une superficie initiale évaluée à 2 600 m², indépendamment de la quantité déversée;
- 2) à l'intérieur de la zone d'étalement initial, les concentrations dans les sédiments pourraient varier de 40 à 170 000 µg·g⁻¹ et de 300 à 550 000 µg·g⁻¹ pour des déversements respectifs de 1 200 et de 7 250 kg;
- 3) en supposant un étalement horizontal plus rapide des BPC lorsque leur concentration est supérieure à 10 000 µg·g⁻¹ dans les sédiments, la superficie de la zone contaminée après dix jours pourrait atteindre environ 6 000 m², indépendamment de la quantité déversée;
- 4) dans le cas d'un déversement possible de 1 200 kg, les concentrations de BPC dans les zones contaminées pourraient varier de 40 à 11 000 µg·g⁻¹ après 10 jours;
- 5) dans le cas d'un déversement de 7 250 kg, la plage prévue des concentrations après 10 jours serait de 300 à 63 000 µg·g⁻¹ sur une superficie de 6 000 m²; et
- 6) à une concentration supérieure à 10 000 µg·g⁻¹, les BPC devraient continuer de s'étaler rapidement jusqu'à ce que toutes les concentrations diminuent à ce maximum, soit possiblement sur une zone de plus de 23 000 m² après environ 63 jours.

La dispersion horizontale à long terme des BPC dans les sédiments devrait s'effectuer à une vitesse approximative de 19 m·mo⁻¹, selon la distribution actuelle des BPC dans les sédiments autour de l'*Irving Whale* (section 5.2). Toutefois, une fraction possiblement importante pourrait se dissocier des sédiments et être transférée dans la colonne d'eau par dissolution, par association avec les particules fines en suspension et par la formation de colloïdes. L'information disponible ne permet pas d'estimer cette fraction, mais on pourrait s'attendre à ce que les BPC transférés dans la colonne d'eau par ces phénomènes se dispersent rapidement à la vitesse de 0,9 cm·s⁻¹ environ (~ 24 km · mo⁻¹) et atteignent le chenal Laurentien à l'intérieur de 5 ou 6 mois (voir section 2.1). Ultiment, le devenir des BPC déversés à partir de l'*Irving Whale* pourrait être partagé entre les voies suivantes :

- association et transport avec les particules fines en suspension, et accumulation dans les principales zones de déposition des sédiments dans l'Estuaire et le Golfe, particulièrement dans le chenal Laurentien;
- exportation vers l'océan Atlantique avec les eaux qui quittent le Golfe par le détroit de Cabot;
- bioaccumulation dans les chaînes alimentaires dans toutes les zones vers lesquelles les BPC seront transportés; et
- évaporation dans l'atmosphère.

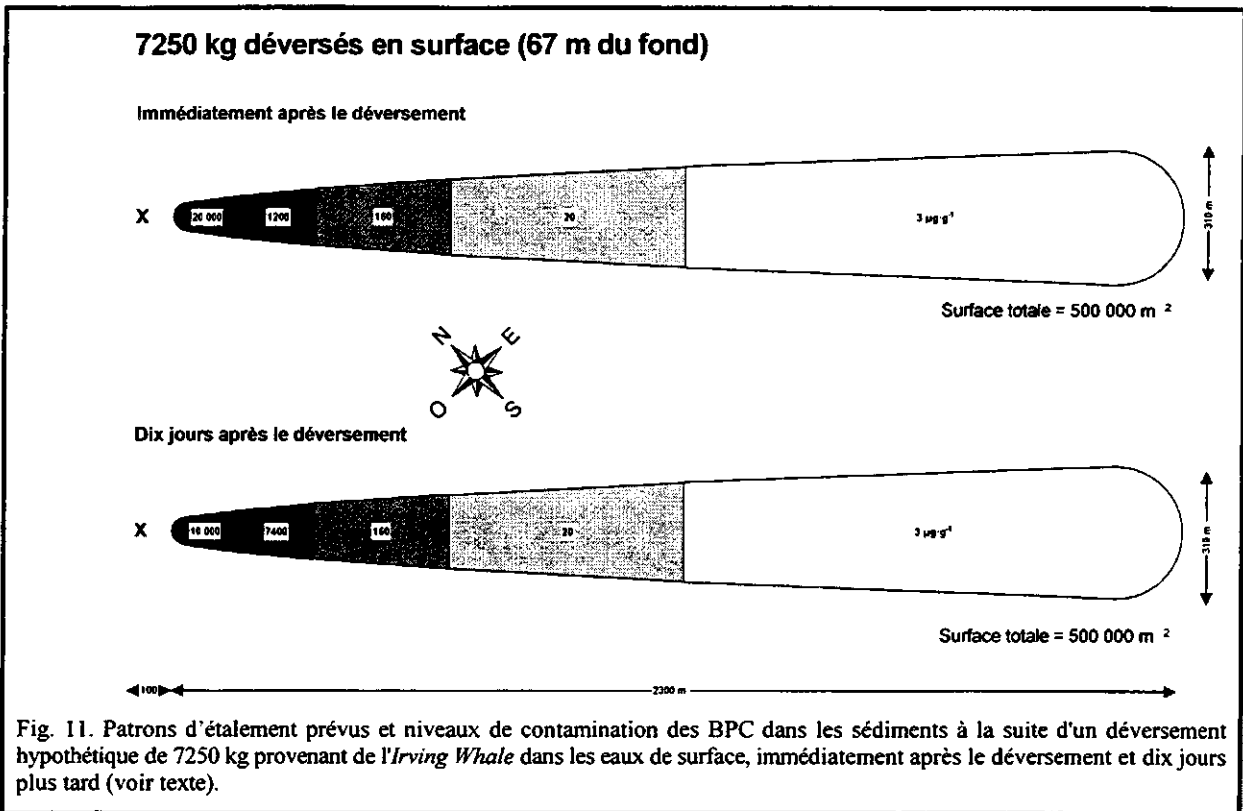


6.3.1.3 Scénario 3 - Comportement des BPC déversés dans les eaux de surface

Les simulations d'un déversement se produisant dans les eaux de surface montrent que les BPC couleraient rapidement et atteindraient le fond après environ deux heures. Les BPC se sépareraient vraisemblablement en gouttelettes de diverses tailles dont les plus grosses ne mettraient pas plus de cinq minutes pour atteindre le fond. Pendant le passage dans la colonne d'eau, une petite fraction des BPC pourrait se dissoudre dans les eaux environnantes où les concentrations maximales pourraient atteindre $15 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (M. Fingas, comm. pers.). À titre de comparaison, l'US EPA (1976) et le CCME (1995) recommandent des critères et des normes de la qualité de l'eau inférieures à $0,001 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la protection de la vie en eaux douces et marines. Une étude des données sur les eaux estuariennes et côtières effectuée par Moore et Walker (1991) recommande un niveau inférieur à $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans ces eaux. Toutefois, un critère plus strict de $7,4 \times 10^{-5} \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la qualité de l'eau a récemment été adopté par l'US EPA (registre fédéral 60(56)15366-15425, 23 mars 1995).

Selon les courants locaux, les BPC se disperseraient vraisemblablement suivant un axe est-ouest pendant leur descente et se déposeraient probablement au fond sur une surface d'environ $500\,000 \text{ m}^2$ (Fig. 11). À la suite d'un déversement hypothétique de 1 200 kg de BPC, les concentrations dans les sédiments de surface varieraient entre 1 et $3\,400 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ dans cette zone immédiatement après le déversement, les niveaux supérieurs à $200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ étant retrouvés à l'intérieur d'une zone de $12\,000 \text{ m}^2$. S'il y avait un déversement de tous les BPC contenus dans la barge, les concentrations dans les sédiments pourraient varier de 3 à $20\,000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ avec un patron de distribution similaire. Après 10 jours, les concentrations maximales pourraient diminuer jusqu'à $10\,000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, sans augmentation notable de la zone de contamination.

À long terme, le comportement des BPC serait probablement semblable à la dispersion à long terme décrite dans le scénario 2, en ce sens que les BPC seraient dispersés loin de la barge à travers le transport dans l'eau et le déplacement des sédiments, à des vitesses estimées respectivement à $0,9 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\sim 24 \text{ km}\cdot\text{mo}^{-1}$) et $19 \text{ m}\cdot\text{mo}^{-1}$.



6.3.2 Impacts environnementaux potentiels d'un déversement majeur de BPC de l'*Irving Whale*

6.3.2.1 Scénario 2 - Impacts à court terme d'un déversement de BPC près du fond

Les résultats de la modélisation indiquent que les impacts à court terme d'un déversement de BPC près du fond seraient très localisés et ce, quelle que soit la quantité déversée. La zone contaminée resterait relativement peu étendue pendant au moins quelques semaines, passant de 2600 m² immédiatement après le déversement à 6000 m² après dix jours. Toutefois, les impacts pourraient être importants étant donné la plage des concentrations qui devraient être observées dans la zone peu de temps après le déversement (300 - 550 000 µg·g⁻¹ pour un déversement de la totalité des BPC). En conséquence, les impacts à court terme suivants pourraient être observés :

- 1) des effets létaux aigus chez tous les organismes vivant en étroite association avec les sédiments fortement contaminés, dont le crabe des neiges; et
- 2) la bioaccumulation de BPC dans les organismes benthiques autour de la zone contaminée, à des concentrations probablement suffisantes pour entraîner des effets sous-létaux chroniques. Ce dernier impact pourrait se produire à des concentrations aussi faibles que 0,1 à 0,2 µg·g⁻¹ (voir section 3.3), soit à des concentrations environ 100 fois supérieures aux niveaux normaux de fond pour le type de sédiments présents au voisinage de l'*Irving Whale*.

Toutefois, on prévoit que ces impacts potentiels ne se manifesteraient probablement pas au delà de 10 km environ à l'extérieur de la zone de sédiments contaminés. Cet estimé est basé sur la contamination actuelle du biote autour de l'*Irving Whale*, qui ne s'étend pas à plus de 2 km de la barge. La zone de contamination du biote s'étendrait probablement à plus de 2 km de la barge étant donné la superficie de la zone qui serait contaminée à la suite d'un déversement important et le déplacement local des ressources halieutiques telles que le crabe (voir la section 5.2.2). Bien qu'un rayon de 10 km pour la forte contamination des organismes autour de la

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

zone contaminée représente une approximation grossière, il est considéré comme étant suffisamment grand pour permettre de circonscrire avec confiance la zone à l'intérieur de laquelle seraient confinés les impacts à court terme décrits ci-dessus.

6.3.2.2 Scénario 3 - Impacts à court terme d'un déversement de BPC dans les eaux de surface

Un déversement de BPC se produisant lorsque la barge se trouve près de la surface pourrait avoir des impacts à court terme quelque peu différents de ceux provoqués par un déversement près du fond. Les BPC seraient déversés dans un habitat différent et leur précipitation dans la colonne d'eau résulterait en une plus grande zone de contamination initiale avec des concentrations plus faibles dans les sédiments. En conséquence, les impacts à court terme suivants pourraient être observés à la suite d'un déversement de BPC dans les eaux de surface au cours des opérations de renflouage de l'*Irving Whale* :

- des mortalités potentielles des stades larvaires d'invertébrés et de poissons qui sont associés à la communauté planctonique pélagique dans les environs immédiats du déversement, plus particulièrement des oeufs et des larves de maquereau (voir la section 2.2.5); et
- la bioaccumulation de BPC dans les organismes benthiques autour de la zone contaminée, à des concentrations potentiellement suffisantes pour induire des effets sous-létaux chroniques.

Le dernier impact est semblable au second impact décrit pour le scénario 2 (voir section précédente), mais il diffère en termes d'intensité et d'étendue spatiale, compte tenu de l'étalement initial plus important des BPC sur le fond ($500\,000\text{ m}^2$) et des concentrations plus faibles qui en résulteraient dans les sédiments de surface à l'intérieur de la zone d'étalement initiale ($3 - 20\,000\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pour un déversement de 7250 kg).

6.3.2.3 Impacts à long terme d'un déversement de BPC à partir de l'*Irving Whale*

À long terme, la biodisponibilité des BPC déversés de l'*Irving Whale* s'étendrait vraisemblablement graduellement à la plupart des régions du Golfe, mais l'importance de la charge additionnelle de BPC dans la chaîne alimentaire à la suite d'un déversement pourrait diminuer rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la barge, principalement en raison des processus de dilution. Ultimement, les BPC pourraient ne pas tous être incorporés dans la chaîne alimentaire du Golfe. Des BPC pourraient sortir du système par évaporation dans l'atmosphère et par exportation vers l'Atlantique par le détroit de Cabot, tandis qu'une certaine proportion s'accumulerait dans les zones de déposition des sédiments de l'Estuaire et du Golfe, principalement dans le chenal Laurentien (voir la section 6.3.1.2). Néanmoins, les processus de bioaccumulation et d'accumulation dans les sédiments devraient ajouter à la charge actuelle de BPC dans le golfe du Saint-Laurent.

Un certain nombre de ressources halieutiques locales pourraient accroître leur charge en BPC au-delà de la norme canadienne de $2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en raison des processus de bioaccumulation subséquents à un déversement de BPC provenant de l'*Irving Whale*. La pêche du crabe des neiges dans les régions hauturières du sud-ouest du golfe du Saint-Laurent serait la plus vulnérable, la barge étant située dans une importante zone de pêche de cette espèce. Les poissons de fond de la région, notamment la morue, la merluche blanche, l'aiguillat commun et plusieurs espèces de poissons plats, pourraient également être touchés par la bioaccumulation accrue de BPC, mais probablement dans une moindre mesure que le crabe des neiges en raison de leur plus grande mobilité et de leur temps de séjour plus court dans la zone. Bien qu'un estimé de l'étendue spatiale de la contamination en BPC des organismes dépassant la norme canadienne ne puisse être calculé, on peut toutefois affirmer qu'un tel risque diminuerait au fur et à mesure que l'on s'éloignerait de la source de contamination. Les espèces dont la répartition spatiale est confinée aux régions côtières peu profondes ne seraient vraisemblablement pas susceptibles d'augmenter leur charge en BPC à un niveau supérieur aux limites acceptables à la suite d'un déversement, compte tenu de la principale voie de dispersion prévue des BPC, soit vers le chenal Laurentien. Les possibilités de bioaccumulation accrue des BPC, si elles existent, dans les ressources halieutiques présentes dans d'autres régions du Golfe et de l'Estuaire à la suite d'un déversement possible de l'*Irving Whale* seraient vraisemblablement négligeables.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Les mammifères marins fréquentant le golfe du Saint-Laurent pourraient augmenter à long terme leur charge en BPC à la suite d'un déversement provenant de l'*Irving Whale*. Les pinnipèdes qui passent l'été dans le sud-est du golfe du Saint-Laurent, soit le phoque commun et le phoque gris, sont probablement les espèces les plus menacées, compte tenu de leur abondance et de leur présence à l'année longue dans ce secteur. Toutefois, il est impossible de statuer sur les cétacés en raison des incertitudes concernant leur abondance, leur répartition spatiale et leurs habitudes alimentaires dans la plupart des régions du Golfe. Par exemple, la plupart des bélugas sont présents dans l'estuaire du Saint-Laurent en été, mais leur répartition spatiale et leur régime alimentaire en hiver ne sont pas connus, bien que l'on pense qu'ils passent l'hiver dans des régions libres de glaces de l'Estuaire et du nord du Golfe. Néanmoins, les mammifères marins sont des prédateurs de niveau supérieur dans l'écosystème marin du Golfe et, à ce titre, il existe une possibilité qu'ils accumuleraient ultimement des BPC provenant de la barge à la suite d'un déversement.

7. PROGRAMME DE SURVEILLANCE

L'élaboration d'un protocole détaillé de surveillance à être appliqué à la suite des opérations de renflouage de l'*Irving Whale* déborde du cadre du présent document. Toutefois, les sections précédentes font état d'un manque général d'informations disponibles sur les BPC dans les habitats et le biote, non seulement dans le sud du Golfe, mais aussi dans le reste du Golfe et dans l'estuaire du Saint-Laurent. Ce manque d'informations a donné lieu à des incertitudes dans la détermination des impacts d'un déversement possible de BPC.

Un programme de surveillance en relation avec l'*Irving Whale* devrait comporter le prélèvement d'échantillons d'eau, de sédiments, d'invertébrés benthiques et de poissons non seulement dans les environs immédiats de la barge (pour une évaluation des impacts à courte distance), mais aussi dans des zones éloignées (par exemple les eaux à l'intérieur et à l'extérieur du détroit de Cabot). De plus, le programme de surveillance devrait permettre de déceler les tendances temporelles (à court et long termes) et spatiales (locales et régionales) afin de vérifier les calculs du bilan de masse. Il devrait aussi produire de meilleures estimations de la vitesse de dispersion des BPC dans le Golfe. Pour ce faire, on pourrait suivre la vitesse de disparition des BPC des sédiments et en soustraire l'effet du transport des sédiments sur le fond.

Enfin, il faudrait mettre en oeuvre au moins un programme de surveillance local et à court terme de la contamination du biote, même s'il ne se produit aucun déversement apparent pendant les opérations de renflouage. Cela s'impose pour confirmer que des ressources ne risquent pas d'être contaminées par une fuite non détectée de BPC et pour continuer de suivre la contamination existante.

8. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à la préparation du présent document, dont plusieurs versions ont été revues par des réviseurs internes et externes au gouvernement. La présente version finale reflète les contributions et les commentaires reçus. La préparation de ce document aurait été impossible sans l'aide de tous les experts consultés. Outre les collaborateurs du gouvernement dont les noms figurent au début du présent rapport, nous tenons aussi à remercier de façon particulière les cinq experts externes au gouvernement pour leur révision utile et constructive d'une version préliminaire de ce document.

9. BIBLIOGRAPHIE

Abarnou, A., et V. Loizeau. 1994. La bioaccumulation : l'exemple des PCB. *Océanis* 20 : 29-45.

Addison, R.F., Brodie, P.F., et M.E. Zinck. 1984. DDT has declined more than PCBs in Eastern Canadian seals during the 1970s. *Env. Sci. Technol.* 18 : 935-937.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

- Addison, R.F., Kerr, S.R., Dale, J., et D.E. Sergeant. 1973. Variation of organochlorine residue levels with age in Gulf of St. Lawrence harp seals (*Pagophilus groenlandicus*). J. Fish. Res. Board Can. 30 : 595-600.
- Ahlborg, U.G., Becking, G.C., Birnbaum, L.S., Brouwer, A., Derks, H.J.G.M., Feeley, M., Golor, G., Hanberg, A., Larsen, J.C., Liem, A.K.D., Safe, S.H., Schlatter, C., Waern, F., Younes, M., et E. Yrjanheikki. 1994. Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. Chemosphere 28 : 1049-1067.
- Albro, P.W., et C.E. Parker. 1979. Comparison of the compositions of Aroclor 1242 and Aroclor 1216. J. Chromatogr. 169 : 161-166.
- d'Anglejan, B. 1990. Recent sediments and sediment transport processes in the St. Lawrence Estuary. Dans El-Shab, M.I., et N. Silverberg (Eds.) Oceanography of a Large-scale Estuarine System, Springer-Verlag, Berlin. Coastal and Estuarine Studies 39 : 109-129.
- Anonymous. 1994. Chapter 5 : polychlorinated biphenyls. Regulatory Toxicology and Pharmacology, Vol. 20, No. 1, part 2 of 2, S187-S307.
- Béland, P., DeGuise, S., Girard, C., Lagacé, A., Martineau, D., Michaud, R., Muir, D.C.G., Norstrom, R.J., Pelletier, É., Ray, S., et L.R. Shugart. 1993. Toxic compounds and health and reproductive effects in St. Lawrence beluga whales. J. Great Lakes Res. 19 : 766-775.
- Brochu, C., S. Moore et É. Pelletier. 1995. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in sediments and biota of the Saguenay Fjord and St. Lawrence Estuary. Mar. Poll. Bull. 30 : 515-523.
- Brower, A., Reijnders, P.J.H., et J.H. Koeman. 1989. Polychlorinated biphenyl (PCB)-contaminated fish induces vitamin A and thyroid hormone deficiency in the common seal (*Phoca vitulina*). Aquat. Toxicol. 15 : 99-106.
- Brun, G.L., Howell, G.D., et H.J.O'Neill. 1991. Spatial and temporal patterns of organic contaminants in wet precipitation in Atlantic Canada. Environ. Sci. Technol. 25 : 1249-1261.
- Bugden, G. 1981. Salt and heat budgets for the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38 : 1153-1167.
- Casillas, E., Mistiano, D., Johnson, L., Rhodes, L.D., Collier, T.K., Stein, J.E., McBain, B.B., et U. Varanasi. 1991. Indicibility of spawning and reproductive success of female English sole (*Parophrys vetulus*) from urban and non-urban areas of Puget Sound, WA. Mar. Environ Res. 31 : 99-122.
- Castonguay, M., Dutil, J.D., et C. Desjardins. 1989. Distinction between American eels (*Anguilla rostrata*) of different geographic origins on the basis of their organochlorine contaminant levels. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46 : 836-843.
- CCME 1995. Canadian Water Quality Guidelines prepared by Environment Canada, Ottawa, for the Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Columbo, J.C., Bilos, C., Campanaro, M., Rodriguez Presa, M.J., et J.A. Catoggio. 1995. Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls and chlorinated pesticides by the Asiatic clam *Corbicula fluminea* : its use as sentinel organism in the Rio de La Plata Estuary, Argentina. Environ. Sci. Technol. 29 : 914-927.
- Comba, M.E., et K.L.E. Kaiser. 1990. Processes influencing the transport of trace organic contaminants in the St. Lawrence River, Dans Messier, D., Legendre, P., et C.E. Delisle (Eds.) Collection Environnement et Géologie, Vol. 11, Assoc. des biologistes du Québec, p.75-84.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

- Comba, M.E., Palabrica, V.S., Wasslen, J., Bengrert, G.A., et K.L.E. Kaiser. 1989a. St. Lawrence River trace organic contaminants study (Part II), 1986. Data Report, Environment Canada, National Water Research Institute.
- Comba, M.E., Palabrica, V.S., Wasslen, J., et K.L.E. Kaiser. 1989b. St. Lawrence River trace organic contaminants study (Part III), 1987. Data Report, Environment Canada, National Water Research Institute.
- Cossa, D. 1990. Chemical contaminants in the St. Lawrence Estuary and Saguenay Fjord. *Dans* El-Shab, M.I., et N. Silverberg (Eds.) *Oceanography of a Large-scale Estuarine System*, Springer-Verlag, Berlin. Coastal and Estuarine Studies 39 : 239-268.
- Cyr, D.G., et J.G. Eales. 1995. Interrelationship between thyroidal and reproductive systems in fish. *Rev. Fish. Biol. Fisheries* (in press).
- Dickie, L.M., et R.W. Trites. 1983. The Gulf of St. Lawrence, *Dans* Ketchum, B.H. (Ed.) *Ecosystems of the World. Estuaries and Enclosed Seas*, Vol. 26, Elsevier, New York, p. 403-425.
- Doe, K.G., Huybers, A.L., Wade, S.J., et J.D.A. Vaughan. 1995. Toxicity of 1,2-dichlorobenzene, 1,4-dichlorobenzene, 1,2,3-trichlorobenzene and 1,2,4,5-tetrachlorobenzene to marine invertebrates and bacteria in spiked sediment toxicity test. Unpubl. Report, Environment Canada, Environmental Conservation Branch, Environmental Quality Laboratory, Dartmouth, N.S.
- Drapeau, G., et O. Mercier. 1990. Modélisation de l'évolution du littoral des Îles-de-la-Madeleine, Québec. *Géogr. Phys. Quatern.* 44 :217-226.
- Dufour, R. 1988. Overview of the distribution and movement of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Atlantic Canada. *Dans* Jamieson, G.S., et W.D. McKone (Ed.) *Proceedings of the international workshop on snow crab biology*, December 8-10, 1987, Montréal, Québec. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2005 : 75-82.
- Eales, J.G., et S.B. Brown. 1993. Measurement and regulation of thyroidal status in teleost fish. *Rev. Fish. Biol. and Fisheries* 3 : 299-347.
- Eisler, R. 1986. Polychlorinated biphenyl hazards to fish, wildlife, and invertebrates : a synoptic review. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85 : 72 p.
- Environment Canada. 1984. Ethylene dichloride. *Envirotips*, Environmental Protection Service, Ottawa, Ontario, 100 p.
- Environment Canada. 1995. Interim sediment quality guidelines. Environment Canada, Ottawa, Ontario. Draft Manuscript.
- Evans, M.S., Noguchi, G.E., et C.P. Rice. 1991. The biomagnification of polychlorinated biphenyls, toxaphene, and DDT compounds in a Lake Michigan offshore food web. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 20 : 87-93.
- Falconer, R.L., et T.F. Bidleman. 1994. Vapor pressures and predicted particle/gas distributions of polychlorinated biphenyl congeners as functions of temperature and ortho-chlorine substitution. *Atmos. Environ.* 28 : 547-554.
- Flouriot, G., Pakdel, F., Ducouret, B., et Y. Valotaire. 1995. Influence of xenobiotics on rainbow trout liver estrogen receptor and vitellogenin gene expression. *J. Mol. Endocrinol.* 15 : 143-151.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

- Gascon, D. (Ed.). 1994. Fish stock status report for the Québec Region in 1994. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2253 : iv + 71 p.
- Gearing, J., et R. Pocklington. 1990. Organic geochemical studies in the St. Lawrence estuary. Dans El-Shab, M.I., et N. Silverberg (Eds.) Oceanography of a Large-scale Estuarine System, Springer-Verlag, Berlin. Coastal and Estuarine Studies 39 : 170-201
- Gilbert, D., et B. Pettigrew. 1995. Study of the interannual variability (1948-1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence, with special emphasis on the very cold early 1990's. Can. J. Fish. Aquat. Sci. in press.
- Gobas, F.A.P.C., Z'Graggan, M.N., et X. Zhang. 1995. Time response of the Lake Ontario ecosystem to virtual elimination of PCBs. Environ. Sci. Technol. 29 : 2038-2046.
- Gobeil, C., et M. Lebeuf. 1992. Inventaire de la contamination des sédiments du chenal Laurentien : les biphényles polychlorés. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1851 : 45 p.
- Gobeil, C., Johnson, W.K., MacDonald, R.W., et C.S. Wong. 1995. Sources and burden of lead in St. Lawrence Estuary sediments : isotopic evidence. Environ. Sci. Tech. 28 : 193-201.
- Gray, L.E., Ostnby, J., Marshall, R., et J. Andrews. 1993. Reproductive and thyroid effects of low-level polychlorinated biphenyl (Aroclor 1254) exposure. Fund. Appl. Toxicol. 20 : 288-294.
- Harding, G.C. 1992. A review of the major marine environmental concerns off the Canadian east coast in the 1980s. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1885 : 38 p.
- Harding, G.C., LeBlanc, R.J., Vass, W.P., Addison, R.F., Hargrave, B.T., Pearre, S. Jr., Dupuis, A., et P.F. Brodie. 1996. Seasonal bioaccumulation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in a marine pelagic food web in St. Georges Bay, southern Gulf of St. Lawrence. Mar. Chem. in press.
- Hodson, P.V., Castonguay, M., Couillard, C.M., Desjardins, C., Pelletier, É., et R. McLeod. 1994. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St. Lawrence River. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51 : 464-478.
- Hodson, P.V., Desjardins, C., Pelletier, É., Castonguay, M., et C.M. Couillard. 1992. Decrease in chemical contamination of American eels (*Anguilla rostrata*) captured in the estuary of the St. Lawrence River. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1876 : 57 p.
- Johnson, L.L., Casillas, E., Collier, T.K., McCain, B.B., et U. Varanasi. 1988. Contamination effects on ovarian development in English sole (*Parophrys vetulus*) from Puget Sound, WA. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45 : 2133-2145.
- Johnson, W.W., et M.T. Finley. 1980. Handbook of acute toxicity of chemicals to fish and aquatic invertebrates : summaries of toxicity tests conducted at Columbia National Fisheries Research Laboratory, 1965-78. United States Fish and Wildlife Service Resource Publication 137 : 98 p.
- Kaiser, K.L.E., Lum, K.R., Comba, M.E., et V.S. Palabrica. 1990a. Organic trace contaminants in St. Lawrence River water and suspended sediments, 1985-1987. Sci. Total Environ. 97/98 : 23-40.
- Kaiser, K.L.E., Oliver, B.G., Charlton, M.N., Nichol, K.D., et M.E. Coma. 1990b. Polychlorinated biphenyls in St. Lawrence River Sediments. Sci. Total Environ. 97/98 : 495-506.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

- Kimbrough R. D., et A.A. Jensen. 1989. Halogenated biphenyls, berphenyls, naphthalenes, dibenzodioxins and related products. Elsevier Science Publishers B.V. (Biomedical Division).
- Korach, K.S., Sarver, P., Chae, K., McLachlan, J.A., et J.D. McKinney. 1988. Estrogen receptor-binding activity of polychlorinated biphenyls : conformationally restricted probes. *Mol. Pharmacol.* 33 : 120-126.
- Koutitonsky, V.G., et G.L. Bugden. 1990. The physical oceanography of the Gulf of St. Lawrence : A review with emphasis on the synoptic variability of the motion. Dans Therriault, J.C. (Ed.) *The Gulf of St. Lawrence : Small ocean or big estuary ?* Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. 113 : 57-90
- Lebeuf, M., C. Gobeil, Y. Clermont, C. Brochu et S. Moore. 1995. Non-ortho chlorobiphenyls in fish and sediments of the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Organohalogen compounds* 26 : 421-426.
- Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., et F.D. Calder. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ. Manag.* 19 : 81-97.
- Long, E.R., et L.G. Morgan. 1990. The potential for biological effects of sediment sorbed contaminants tested in the national status and trends program. NOAA Technical memorandum NOS OMA52. NOAA, Seattle, Washington. 175p. + appendices.
- Loring, D.H., et D.J.G. Nota. 1973. Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 182 : 147 p.
- MacKay D., Shui, W.Y., Billington, J., et G.L. Huang. 1983. Physical and chemical properties of polychlorinated Biphenyls. In *Physical behaviour of PCBs in the Great Lakes*. Ann. Arbor. Science Publ.
- Marchand, M., Abarnou, A., et C. Marcaillou-Lebaut. 1990. Les polychlorobiphényles (PCB) en milieu marin. *Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER* 18 : 162 p.
- Marex International Limited. 1992. The «IRVING WHALE» Salvage Feasibility Study. Prepared for Canadian Coast Guard, Nova Scotia.
- MacLaren Plansearch (1991) Limited, 1993. Oceanographic Measurements at the Irving Whale Site. Prepared for the Canadian Coast Guard, Dartmouth, Nova Scotia.
- Monosson, E., Fleming, W.J., et C.V. Sullivan. 1994. Effects of the planar PCB 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl (TCB) on ovarian development, plasma levels of sex steroid hormones and vitellogenin, and progeny survival in white perch (*Morone americana*). *Aquat. Toxicol.* 29 : 1-19.
- Moore D.R.J., et S.L. Walker. 1991. Canadian water quality guidelines for polychlorinated biphenyls in coastal estuarine waters. Scientific Series No. 186, Environment Canada, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario.
- Muir, D.C.G., Ford, C.A., Stewart, R.E.A., Smith, T.G., Addison, R.F., Zinck, M.E., et P. Béland. 1990. Organochlorine contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from Canadian waters. In Smith, T.G., St. Aubin, D.J., et J.R. Geraci (Eds.) *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Can Bull. Fish. Aquat. Sci. 224: 165-190.
- Muir, D.C.G., Koczanski, K., Rosenberg, B., et P. Béland. 1996a. Persistent organochlorines in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River Estuary. II. Temporal trends, 1982-1994. *Environ. Poll.* in press.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

- Muir, D.C.G., Ford, C.A., Rosenberg, B., Norstrom, R.J., Simon, M., et P. Béland. 1996b. Persistent organochlorines in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence River Estuary. I. Concentrations and patterns of specific PCBs, chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -dibenzofurans. Environ. Poll. in press.
- Nebeker, A.V., et F.A. Pugliesi. 1974. Effect of polychlorinated biphenyls (PCB's) on survival and reproduction of *Daphnia*, *Gammarus* and *Tanytarsus*. Trans. Amer. Fish. Soc. 103 : 722-728.
- Oliver, B.G., et A.J. Niimi. 1988. Trophodynamic analysis of polychlorinated biphenyl congeners and other chlorinated hydrocarbons in the Lake Ontario ecosystem. Environ. Sci. Technol. 22 : 388-397.
- Oliver, B.G., et A.J. Niimi. 1983. Bioconcentration of chlorobenzenes from water by rainbow trout : correlations with partition coefficients and environmental residues. Environ. Sci. Technol. 17 : 287-291.
- Perry, R.H., et C.H. Chilton (eds). 1973. Chemical Engineer's Handbook, Fifth edition, McGraw-Hill Book Company, New-York, New York.
- Pierce, W. et B. Powers. 1985. An investigation of a PCB spill into the Exploits River, Newfoundland, Environmental Protection Service, Environment Canada, Atlantic Region, 79 p.
- Pocklington, R. 1986. The Gulf of St. Lawrence and the Baltic Sea : two different organic systems. Dt. hydrogr. Z. 39 : 65-75.
- Pocklington, R., et F.C. Tan. 1987. Seasonal and annual variations in the organic matter contributed by the St. Lawrence River to the Gulf of St. Lawrence. Geochim. Cosmochim. Acta 51 : 2579-2586.
- Pocklington, R. 1988. Organic matter in the Gulf of St. Lawrence. Dans Strain P.M. (Ed.) Chemical Oceanography in the Gulf of St. Lawrence. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 220 : 49-58.
- Pohl, R.J., Bend, J.R., Guarino, A.M., et J.R. Fouts. 1974. Hepatic microsomal mixed-function oxydase activity of several marine species from coastal Maine. Drug. Metabol. Dispos. 2 : 545-555.
- Quémerais, B., Lemieux, C., et K.R. Lum. 1994a. Concentration and sources of PCBs and organochlorine pesticides in the St. Lawrence River (Canada) and its tributaries. Chemosphere 29 : 591-610.
- Quémerais, B., Lemieux, C., et K.R. Lum. 1994b. Temporal variation of PCB concentrations in the St. Lawrence River (Canada) and four of its tributaries. Chemosphere 28 : 947-959.
- Reijnders, P.J.H. 1986. Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. Nature 324 : 456-457.
- Roberts, J.R., Rogers, D.W., Baily, J.R., et M.A. Rorke. 1978. Polychlorinated biphenyls: biological criteria for assessment of their effects on environmental quality. Report NRCC No. 16077. National Research Council of Canada, Ottawa. 170p.
- Safe, S. 1984. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyls (PBBs) : biochemistry, toxicology, and mechanism of action. CRC Crit. Rev. Toxicol. 13 : 319-394.
- Schulz, D.E., Petrick, G., et J.C. Duinker. 1989. Complete characterization of polychlorinated biphenyl congeners in commercial Aroclor and Clophen mixtures by multidimensional gas chromatography-electron capture detection. Environ. Sci. Technol. 23 : 852-859.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

- Sericano, J.L., Safe, S.H., Wade, T.L., et J.M. Brooks. 1994. Toxicological significance of non-, mono- and di-ortho-substituted polychlorinated biphenyls in oysters from Galveston and Tampa Bays. *Environ. Toxicol. Chem.* 13 : 1797-1803.
- Stalling, D.L., et F.L. Mayer Jr. 1972. Toxicities of PCBs to fish and environmental residues. *Environ. Health Perspect.* 1 : 159-164.
- Strain, P.M. 1988a. Chemical oceanography the the Gulf of St. Lawrence: geography, physical oceanography, and geological setting. *Dans* Strain P.M. (Ed.) *Chemical Oceanography in the Gulf of St. Lawrence*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 220 : 1-14.
- Strain, P.M. (Ed.). 1988b. *Chemical Oceanography in the Gulf of St. Lawrence*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 220, 190 p.
- Sundby, B., Gobeil, C., Silverberg, N., et A. Mucci. 1992. The phosphorus cycle in coastal marine sediments. *Limnol. Oceanogr.* 36 : 1129-1145.
- Tanabe, S., Tanaka, H., et R. Tatsukawa. 1984. Polychlorobiphenyls, Σ DDT, and hexachlorohexane isomers in the western Pacific ecosystem. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 13 : 731-738.
- Thibodeaux, L.J. 1980. *Chemodynamics - Environmental movement of chemicals in air, water and soil*. John Wiley & Sons Inc., New York, New York.
- Thibodeaux, L.J., et P.S. Christy. 1980. The spill of Sinker Chemicals - Laboratory Simulations, p. 369-374, *Dans* Proceedings of the 1980 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, May 13-15, 1980, Louisville, Kentucky, p. 369-374.
- US EPA. 1976. *Quality criteria for water*. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 256p.
- Wakimoto, T., Kannan, N., Ono, M., Tatsukawa, R., et Y. Masuda. 1988. Isomer-specific determination of polychlorinated dibenzofurans in Japanese and American polychlorinated biphenyls. *Chemosphere* 17 : 743-750.
- Weise, C.S., et D.A. Griffin. 1978. The solubility of Aroclor 1254 in saltwater. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 19 : 403-411.
- Willmann, J.C. 1975. PCB Transformer Spill Seattle, Washington. *Journal of Hazardous Materials*. 1:361-372.
- Yeats, P.A. 1988. Distribution and transport of suspended particulate matter. *Dans* Strain, P.M. (Ed.). *Chemical Oceanography in the Gulf of St. Lawrence*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 220 :15-28.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

Annexe I : Quantités et valeurs des débarquements de la pêche commerciale dans le golfe du Saint-Laurent en 1994 et production aquicole dans les provinces maritimes en 1993

A) Pêches

Espèces	DÉBARQUEMENTS (T)					VALEUR (\$000)				
	Golfe (4T)	Îles-de-la-Madeleine	Côte ouest de Terre-Neuve (4R,3Pn)	Côte nord du Québec (4S)	Total (Golfe)	Golfe (4T)	Île-de-la-Madeleine	Côte ouest de Terre-Neuve (4R,3Pn)	Côte nord du Québec (4S)	Total (Golfe)
Poissons de fond										
morue commune	959	82	356	21	1 418	888	45	266	33	1 232
morue de roche	2				2	1				1
sébaste	1 208	4 432	7 309	1	12 949	293	1 128	2 879	1	4 301
flétan de l'Atlantique	3	21	21	15	60	17	102	114	104	337
plie canadienne	2 288	59	227	12	2 586	2 127	48	151	12	2 338
limande à queue jaune	51		1		51	24				24
plie grise	315	1	291		607	437	1	358		796
plie rouge	1 071		104	8	1 182	841		36	4	881
flétan noir	8		3 971	256	4 235	9		4 347	381	4 737
goberge	6		145		153	1		44		45
merluche blanche	1 000	5	313		1 318	684	1	161		846
poulamon atlantique	67				67	17				17
ange de mer	1		79		79			28		28
aiglefin			3		3			3		3
autres	9	18	80	4	112	4	3	41	5	53
Total	6 988	4 618	12 900	317	24 822	5 343	1 328	8 428	540	15 639
Poissons pélagiques										
hareng	79 713	2 631	12 081	636	95 061	10 658	463	2 327	227	13 674
maquereau bleu	6 873	3 143	2 537	36	12 589	2 722	894	486	8	4 110
gaspereau	3 943				3 943	581				581
argentines	34				34					0
anguille d'Amérique	156		51		207	672		201		873
raies	44		1 008		1 052	14		335		349
éperlant	1 213		16		1 228	1 620		10		1 628
bar rayé	1				1	3				3
capelan	47		564	209	820	6		93	24	123
requins et aiguillats	853		6		859	216		3		219
thon rouge	65				65	2 114				2 113
saumon			6	43	49			30	204	234
omble chevalier			1		1			2		2
autres espèces	543	26	0	2	572	208	14		4	226
Total	93 486	5 800	16 270	926	116 481	18 814	1 371	3 487	467	24 135
Invertébrés										
mactre de l'Atlantique	920				920	903				902
mye	802			533	1 335	1 610			584	2 194
palourde de mer	639				639	1 443				1 443
mactre de Stimpson	264				264	145				145
moules	6 083		2		6 085	6 465		1		6 466
huîtres américaines	2 627				2 627	4 601				4 600
pétoncles	3 158	304	2 003	1 852	7 093	6 556	646	3 585	3 324	13 813
bigorneaux	2				2	2				2

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

Espèces	DEBARQUEMENTS (T)					VALEUR (\$000)				
	Golfe (4T)	Îles-de-la-Madeleine	Côte ouest de Terre-Neuve (4R,3Pn)	Côte nord du Québec (4S)	Total (Golfe)	Golfe (4T)	Île-de-la-Madeleine	Côte ouest de Terre-Neuve (4R,3Pn)	Côte nord du Québec (4S)	Total (Golfe)
homard	17 955	2 051	1 282	156	21 436	139 041	16 956	10 597	1 232	167 745
crabe-araignée	107				106	40				40
crevette rose	2 977		3 296	505	6 778	3 745		3 706	877	8 328
crabe commun	4 019				4 015	1 944				1 956
crabe des neiges	16 239	1 371	641	6 378	24 627	99 793	8 313	2 535	27 399	138 025
mousse d'Irlande	8 830				8 817	467				467
calmar	6		14		20	2		5		7
autres espèces	3	154	173	710	1 043	3	68	692	340	1 105
Total	64 631	3 880	7 411	10 134	86 031	266 720	25 983	21 121	33 756	347 537
Grand total	165 078	14 298	36 581	11 377	227 334	290 830	28 682	33 036	34 763	387 311

B) Aquaculture

Provinces - Espèces	Production (T)	Valeur (K\$)
Nouveau-Brunswick		
Huître d'Amérique	201,0	553
Moule bleue	102,0	112
Nouvelle-Écosse		
Huître d'Amérique	49,5	132
Moule bleue	292,0	303
Autres mollusques	349,0	450
Île-du-Prince-Édouard		
Moule bleue	4 540,0	4 994
Huître d'Amérique	1 078,0	1 973
Pétoncle de baie	0,5	3
Terre-Neuve		
Moule bleue	209,0	147
Pétoncle géant	2,0	28
Québec		
Moule bleue	34,0	75

Annexe II : Calcul d'un bilan pour l'Aroclor 1242 dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent

L'ampleur des flux annuels et la dimension des réservoirs d'accumulation d'Aroclor 1242 dans l'eau de mer, dans les sédiments et dans le biote de l'estuaire maritime et du golfe du Saint Laurent (voir Tableau 3) ont été calculés à partir de données publiées et non publiées. Harding (1992) a synthétisé l'information disponible sur les hydrocarbures halogénés dans la partie sud du Golfe mais aucun calcul de bilan n'a été effectué. Strain (1988b) a publié une série d'articles portant sur l'océanographie chimique du golfe du Saint-Laurent et plusieurs chapitres de cette monographie présentent des bilans de masse pour différents éléments, éléments nutritifs dissous et pour les sédiments. Par exemple, Pocklington (1988) a calculé les apports et les pertes de carbone organique et Yeats (1988) a fait une estimation de la sédimentation nette de la matière inorganique particulaire. D'autres calculs de bilan massique et de flux annuels pour la matière particulaire dans le Golfe, incluant des estimés d'apports fluviaux et de la sédimentation dans l'Estuaire maritime (Gearing et Pocklington, 1990) de même qu'un inventaire des BPC dans les sédiments de l'Estuaire maritime (Gobeil et Pocklington, 1990), ont été effectués pour tenir compte des apports et des pertes de même que des dimensions des réservoirs dans les calculs.

Dans plusieurs cas, il a été nécessaire de formuler des hypothèses lorsque les renseignements pertinents n'étaient pas disponibles. Par exemple, les concentrations de BPC totaux correspondent à la somme des concentrations de tous les congénères. Toutefois, un mélange particulier tel que l'Aroclor 1242 est analysé à partir des caractéristiques de ses pics chromatographiques. Lorsque ces données n'étaient pas disponibles, les concentrations de BPC totaux ont été utilisées pour les calculs. Étant donné que les données de concentrations sont limitées pour certains compartiments, les valeurs minimales et maximales ont été utilisées afin de tenir compte de la variabilité des données recueillies dans différentes régions à différentes périodes de l'année. Cet intervalle a été utilisé pour calculer une médiane.

Retombées atmosphériques

Les gradients de concentration de composés semi-volatils tels que les BPC à travers l'interface air-eau peuvent être comparés pour calculer le potentiel des échanges air-mer (Falconer et Bidleman, 1994). Toutefois, certaines informations sont requises pour plusieurs variables dont certaines sont difficiles à mesurer, comme la concentration en phase vapeur, les fractionnements gazeux et particulaires dans l'air, la pression de vapeur en phase liquide, de même que la concentration et la fréquence de taille des aérosols. Dans le cas de composés comme ceux présents dans le mélange Aroclor 1242, la déposition nette annuelle à travers les transferts en phase vapeur (de l'air à la mer) a été calculée pour l'eau de mer libre de glace à basse température ($< 5^{\circ}\text{C}$).

Les calculs à l'aide de valeurs de concentrations atmosphériques de BPC en phase vapeur, mesurées aux latitudes tempérées nordiques loin de sources ponctuelles de contamination, donnent des taux de sédimentation se situant entre $0,1$ et $5\text{ ng}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{j}^{-1}$ ($\sim 0,04$ à $1,8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$). Le flux annuel moyen des BPC totaux vers l'Atlantique Nord sous forme vapeur a été évalué à $1,8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ et les estimations récentes pour la région des Grands Lacs varient de $1,5$ à $8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ (Gobas *et al.*, 1995). Dans le présent calcul, on a supposé que le taux de déposition minimal était nul et on n'a pas tenu compte des différences saisonnières (voir Tableau 3).

Précipitations

On a supposé que le volume des précipitations annuelles sur les eaux libres du Golfe ($252\text{ km}^3\cdot\text{a}^{-1}$) était constitué de neige (33 %) et de pluie (67 %). La plage des concentrations d'Aroclor 1242 (de $0,026$ à $0,116\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la pluie, et de $0,129$ à $0,217\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour les chutes de neige; voir Tableau 3) a été déterminée à partir d'échantillons saisonniers ($n = 10$) prélevés sur un site côtier dans la baie de St-Georges en 1993-1994. Des données additionnelles pour les BPC totaux dans les précipitations ont été obtenues de Brun *et al.* (1991)

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

pour des échantillons prélevés entre 1981 et 1986 à une station de l'Île-du-Prince-Édouard. Les concentrations variaient de la limite de détection à $0,220 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ce qui correspond à l'intervalle rapporté au Tableau 3.

Tableau 3. Calculs détaillés du bilan estimé d'Aroclor 1242 (flux et réservoirs) dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent.

FLUX									
Voies de transport	Flux annuels			Plage de concentrations			Flux annuels d'Aroclor 1242 (kg·a ⁻¹)		
	Valeur	Unités	Source *	Minimum	Maximum	Unités	Minimum	Maximum	Médiane
APPORTS									
Vapeurs atmosphériques	déposition calc.	ng·m ⁻² ·j ⁻¹	BH	0	5	ng·m ⁻² ·j ⁻¹	0	412,45	206,2
Eau de pluie	169	km ³ ·a ⁻¹	2, 3, GH	0,026	116	pg·L ⁻¹	4,4	19,604	12
Neige	83	km ³ ·a ⁻¹	2, GH	0,129	217	pg·L ⁻¹	10,7	18,011	14,4
Fleuve Saint-Laurent	350	km ³ ·a ⁻¹	1, 2, 6, 7, GH, BH	0,04	2 000	pg·L ⁻¹	14	700	357
Autres tributaires	249	km ³ ·a ⁻¹	1, 2, GH	0,009	25	pg·L ⁻¹	2,2	6,225	4,2
Détroit de Cabot	11 990	km ³ ·a ⁻¹	1, 2, GH	0,012	60	pg·L ⁻¹	143,9	719,4	431,6
TOTAL							175	1 875,69	1 025
PERTES									
Détroit de Cabot	12 480	km ³ ·a ⁻¹	1, 2, GH	0,025	119	pg·L ⁻¹	312	1 485,12	898,6
Sédimentation (Estuaire)	4,5 × 10 ⁹	kg·a ⁻¹	4, 6, 8, CH, ML	0,01	0,1	µg·g ⁻¹	44	440	242
Sédimentation (Golfe)	6 × 10 ⁹	kg·a ⁻¹	2, 4, 11	0,0001	0,001	µg·g ⁻¹	0,6	6	3,3
Pêches	4,4 × 10 ⁹	kg·a ⁻¹	2, 5, GH	0,001	0,008	µg·g ⁻¹	4,4	35,2	19,8
TOTAL							361	1 966,32	1 164
RÉSÉROIRS									
Compartiments	Aire (km ²)	Volume (km ³) ou poids (kg)		Plage de concentrations			Aroclor 1242 (kg)		
		Valeur	Source *	Minimum	Maximum	Unités	Minimum	Maximum	Médiane
EAU DE MER									
Estuaire maritime	7 000	1 070	1, 2, 6, 7, BH	0,04	2 000	pg·L ⁻¹	42,8	2 140	1 091,4
Golfe	219 000	33 430	1, 2, 6, 7, GH	0,025	119	pg·L ⁻¹	835,8	3 978,17	2 407
SÉDIMENTS (TAUX DE SÉDIMENTATION)									
Estuaire maritime	4 800	4,8 × 10 ¹¹	2, 4, 9, CG, ML	0,01	0,1	µg·g ⁻¹	4 800	48 000	26 400
Golfe (> 200 m)	74 100	7,41 × 10 ¹²	2, 4, JG	0,001	0,01	µg·g ⁻¹	7 410	74 100	40 755
Golfe (< 200 m)	147 100	1,471 × 10 ¹²	Annexe V	0,0001	0,001	µg·g ⁻¹	1 471	14 710	8 090,5
SÉDIMENTS (INVENTAIRE)									
Estuaire maritime	4 800		10, CG, ML	Extrapolation à partir des niveaux de plomb à l'aide de la relation entre les niveaux de BPC et de plomb			18 500	18 500	18 500
Golfe (> 200 m)	74 100		CG, ML	Σ BPC = 0,00148·Pb + 0,00139 (r ² = 0,99)			36 500	36 500	36 500
BIOTE									
Plancton		17,6 × 10 ¹¹	GH	0,0001	0,002	µg·g ⁻¹	176	3 520	1 848
Benthos		17,6 × 10 ¹¹	Annexe VI, VII	0,001	0,04	µg·g ⁻¹	176	7 040	3 608
Poissons		17,6 × 10 ⁹	5, GH	0,001	0,008	µg·g ⁻¹	17,6	140,8	79,2
TOTAL - GOLFE (EXCLUANT L'ESTUAIRE)							37 705	51 178,97	44 442
* 1. Strain (1988) 7. Quemerais <i>et al.</i> (1994a,b) JG. J. Gearing (comm. pers.) 2. Pocklington (1986) 8. d'Anglejan (1990) CG. C. Gobeil (comm. pers.) 3. Pocklington (1988) 9. Cossa (1990) GH. G. Harding (comm. pers.) 4. Pocklington et Tan (1987) 10. Gobeil <i>et al.</i> (1995) BH. B. Hargrave (comm. pers.) 5. Dickie et Trites (1983) 11. Yeats (1988) ML. M. Lebeuf (comm. pers.) 6. Kaiser <i>et al.</i> (1990a,b)									

Apports provenant du fleuve Saint-Laurent et d'autres affluents

Les estimations de l'apport en volume d'eau dans le Golfe en provenance du fleuve Saint-Laurent et d'autres rivières dépendent de l'endroit où les débits d'eau douce sont mesurés (Bugden, 1981). Une valeur rapportée pour l'écoulement total d'eau douce à la hauteur de Québec ($350 \text{ km}^3\cdot\text{a}^{-1}$; Strain 1988a) a été utilisée et G. Harding (comm. pers.) a recalculé une valeur moyenne pour les années 1970 à 1993 ($355 \text{ km}^3\cdot\text{a}^{-1}$) qui est semblable à cette valeur. Les deux valeurs sont inférieures à la moyenne de trois années regroupées entre 1981 et 1985 ($413 \text{ km}^3\cdot\text{a}^{-1}$) rapportée par Pocklington et Tan (1987). Les contributions en eau douce des rivières

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Saguenay et Manicouagan, de même que des rivières de la Côte Nord et d'autres rivières qui se jettent dans le golfe du Saint-Laurent ont été tirées de Strain (1988).

La plage des concentrations d'Aroclor 1242 dans les eaux du fleuve Saint-Laurent a été déterminé à partir des valeurs fournies sous forme d'Aroclor total, étant donné que des analyses spécifiques pour le mélange d'Aroclor 1242 n'ont pas été rapportées (Quémerais *et al.*, 1994a,b; Hargrave, données non publiées). On a supposé que les concentrations dans d'autres rivières qui se jettent dans le golfe sont comparables à celles dans mesurées dans la rivière West qui se jette dans la baie St-Georges en 1993-1994 (moyenne et écart-type de 0,017 et 0,008 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'Aroclor 1242, $n = 3$). Ces valeurs se situent dans la partie inférieure de l'intervalle ($0,07 \pm 0,05 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) rapporté pour les BPC totaux dans les affluents du fleuve Saint-Laurent (Quémerais *et al.*, 1994a).

Échanges à travers le détroit de Cabot

Les transports annuels d'eau en termes de masse vers l'intérieur et l'extérieur du golfe du Saint-Laurent à travers le détroit de Cabot ont été basés sur les transports géostrophiques de volume ajustés pour un transport net moyen de sel égal à zéro. Les valeurs mensuelles sont fournies par Pocklington (1988). On a supposé que les flux de BPC dans les eaux traversant le détroit de Belle-Isle étaient négligeables et le transport par les glaces vers l'intérieur et l'extérieur du golfe n'a pas été inclus étant donné que des estimés pour les BPC associés à la glace de mer ne sont pas disponibles.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de mesures des concentrations de BPC dans l'eau de mer qui pénètre dans le Golfe ou qui en sort. Comme la sortie des eaux du Golfe se produit principalement en surface, on peut s'attendre à ce que les eaux profondes pénétrant dans le Golfe présentent des concentrations plus faibles en BPC. Par conséquent, les concentrations d'Aroclor 1242 dans les eaux profondes pénétrant par le détroit de Cabot sont considérés comme étant 50 % de celles mesurées en surface dans le Golfe, en se basant sur les valeurs minimales et maximales mesurées dans la baie de St-Georges (à 10 m de profondeur) en 1993-1994 ($n = 8$). Cette concentration plus faible concorde avec la répartition du plomb à travers le détroit de Cabot où les concentrations observées dans le débit sortant sont deux fois plus élevées que dans le débit entrant dans le Golfe (P. Yeats, comm. pers.). Des mesures antérieures de concentrations de BPC avaient été prises dans l'eau de mer à des stations dans le Golfe et dans l'Estuaire maritime ($< 0,002 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; Pocklington, 1988) à une époque où les limites de détections pour des quantités traces d'organochlorés étaient supérieures aux valeurs actuelles obtenu à partir de méthodes analytiques plus précises.

Sédimentation et enfouissement dans les sédiments

On a supposé que les sédiments ne constituent pas une source de BPC pour l'eau de mer sus-jacente et que les estimations de la sédimentation nette pourraient être utilisées pour calculer les pertes de BPC de la colonne d'eau vers les sédiments. Bien que les taux d'accumulation dans les sédiments de l'ensemble du Golfe soient fondés sur un nombre restreint d'informations (Pocklington et Tan, 1988; d'Anglejan, 1990), une estimation de la sédimentation nette de la matière inorganique (Yeats, 1988), plutôt que la sédimentation brute (totale) basée sur le flux de déposition de la matière organique (Pocklington, 1986), a été utilisée pour déterminer les taux de sédimentation. La zone à l'intérieur de laquelle le dépôt des sédiments se produit ne correspond pas non plus à la superficie totale de l'Estuaire maritime ou du Golfe. Les sédiments à grains fins renferment la majeure partie de la matière organique contenue dans les sédiments. Ces dépôts occupent 27 % de la superficie totale de l'Estuaire maritime (Pocklington et Tan, 1988, d'Anglejan, 1990) et 34 % de celle du Golfe (Pocklington, 1986). Gobeil *et al.* (1995) ont estimé la superficie de la zone de profondeur > 200 m dans l'Estuaire maritime à 4 800 km^2 et cette valeur a été utilisée dans les calculs.

Les concentrations d'Aroclor 1242 associés aux particules qui se déposent ont été calculées à partir de valeurs publiées pour les particules en suspension et pour les sédiments superficiels du fond. Les concentrations des BPC totaux rapportées pour les particules en suspension isolées par centrifugation des eaux des rivières de

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

l'Estuaire maritime ($0,1 - 0,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Kaiser *et al.*, 1990a,b) sont comparables aux valeurs mesurées dans un échantillon de sédiments prélevé au moyen d'un carottier à boîte au large de Rimouski (de $0,01$ à $0,33 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Cossa, 1990). Ces données ont été combinées aux résultats obtenus pour les sédiments superficiels dans l'Estuaire maritime (Gobeil et Lebeuf, 1992), dans le chenal Laurentien du Golfe ($n = 2$; J. Gearing, données non publiées), de même qu'à proximité de l'*Irving Whale* (voir Annexe V), pour déterminer les plages de variations minimales-maximales pour les sédiments de l'Estuaire maritime (sédiments fins aux profondeurs de plus de 200 m) et du Golfe (sédiments fins aux profondeurs de plus de 200 m et grossiers aux profondeurs de moins de 200 m). Les inventaires d'Aroclor 1242 dans les sédiments superficiels de différentes régions ont été calculés pour la couche supérieure de 5 cm, en supposant une densité des sédiments de $2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Les données provenant d'échantillons prélevés à moins de 3,6 km de l'*Irving Whale* (voir annexe V), lesquels sont considérés comme étant contaminés par de l'Aroclor 1242 provenant de la barge, n'ont pas été incluses dans la détermination des plages de concentrations.

Un calcul indépendant des BPC contenus dans les sédiments de l'Estuaire maritime et du Golfe a été fourni par C. Gobeil et M. Lebeuf (comm. pers.). Ils ont supposé que l'inventaire des BPC dans les sédiments était proportionnel à celui du plomb (Pb) d'origine industrielle. Ces deux contaminants proviennent de différentes sources mais présentent des tendances temporelles similaires au cours du présent siècle. Ils sont tous deux transportés dans l'atmosphère et s'associent à la matière particulaire en suspension lorsqu'ils pénètrent dans le milieu aquatique (Gobeil *et al.*, 1995). Une forte corrélation a été observée entre les inventaires de plomb industriel et de BPC totaux mesurés dans des carottes de sédiments prélevées à trois sites dans l'Estuaire maritime (voir la Fig. 3 Pour les profils de BPC) :

$$\Sigma\text{BPC} = 0,0048 \cdot \text{Pb} + 0,00139 \quad (r^2 = 0,99)$$

Leurs estimations de l'inventaire des BPC totaux dans les sédiments aux profondeurs supérieures à 200 m dans l'Estuaire maritime ($18,5 \times 10^3 \text{ kg}$) et dans le Golfe ($36,5 \times 10^3 \text{ kg}$) sont considérées comme étant plus précises que les estimations fondées sur les taux de sédimentation nette (voir Tableau 3).

Perte de biomasse par la pêche

Les pêches commerciales constituent une voie d'élimination de l'Aroclor 1242 de l'écosystème marin. Dickie et Trites (1983) ont estimé que la biomasse exploitée historiquement dans le Golfe par l'industrie de la pêche représentait une perte annuelle de $4,35 \times 10^8 \text{ kg}$ en carbone organique. En supposant que les espèces pêchées contiennent 80 % d'eau et que le carbone organique représente 50 % du poids sec des tissus, l'élimination annuelle correspond à $4,4 \times 10^9 \text{ kg}$ en poids humide. On suppose que les stocks actuels totaux des espèces commerciales sont quatre fois plus élevés que la quantité annuelle pêchée (c'est-à-dire que la pêche enlève 25% de la biomasse annuellement). Comparativement à la biomasse totale de poissons, on suppose que les stocks actuels de la faune benthique et du plancton sont respectivement d'un et de deux ordres de grandeur plus élevés, si l'on tient compte des pertes énergétiques entre les niveaux trophiques.

L'intervalle des concentrations maximale et minimale d'Aroclor 1242 attendu dans les espèces commerciales résidentes du Golfe a été calculé à partir des mesures réalisées sur des capucettes ($n = 9$), des éperlans ($n = 8$) et des harengs ($n = 20$) prélevés dans la baie St-Georges (voir Tableau 3). En réalité, les harengs de la baie St-Georges hivernent à l'extérieur du Golfe dans la région de la baie de Chedabucto (G. Harding, comm. pers.). Les données relatives aux espèces migratoires (maquereau et thon) n'ont pas été considérées. Quatre classes de taille de plancton ($n = 31$) ont été prélevées dans la baie St-Georges au moyen de méthodes décrites dans l'étude de Harding *et al.* (1996). Les concentrations d'Aroclor 1242 dans le benthos correspondent à l'intervalle des valeurs rapportées pour la crevettes, le crabe des neiges et les mollusques bivalves (voir Annexe VI) prélevés à plus de 3,6 km de l'*Irving Whale*, à des endroits qu'on ne croit pas contaminés (voir section 5.2.2).

Annexe III : Concentrations de BPC et de chlorobenzènes dans le mazout lourd provenant de l'*Irving Whale*

Date d'échantillonnage	Localisation	Type d'échantillon	Aroclor 1242 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4-TCB	1,2,3-TCB	1,2,4,5-TeCB	1,2,3,4-TeCB	N° Éch./ N° Lab
27 juillet 1995	Réservoir n° 3 décharge avant tribord	Mazout lourd	<10/<10	<0,1/<0,1	<0,1/<0,1	<0,1/<0,1	<0,1/<0,1	Pot 4 95AT002235
27 juillet 1995	Réservoir n° 2 décharge avant tribord	Mazout lourd	<10	<0,1	<0,1	<0,1	-	Pot 5 95AT002236
27 juillet 1995	Réservoir n° 3 décharge avant bâbord	Mazout lourd	<10	<0,1	<0,1	<0,1	-	Pot 7 95AT002238
Août 1990	Échantillon de surface	Mazout lourd	<10	-	-	-	-	90LG077
23 novembre 1990	Plage de Cavendish	Mazout lourd	<10	-	-	-	-	90LG076
28 mai 1992	Bouée de pêche	Mazout lourd	<10	-	-	-	-	92SD003
25 novembre 1994	Étang du Nord	Mazout lourd	<10	-	-	-	-	94LG076

Source : Environnement Canada, Dartmouth

Annexe IV : Concentrations de BPC (Aroclor 1242) dans les échantillons de résidus pétroliers prélevés en 1995 aux Îles-de-la-Madeleine (Québec)

Numéro d'échantillon*	Mélange sable-pétrole ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Pétrole seulement ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Essais sur les lixiviats ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
A	32,3	127,2	0,002
B	4,8	27,8	-
C	1,7	13,6	-
D	5,9	30,8	0,0013
E	13,3	84,9	0,0013
F	1,3	6,6	-
G	8,2	52	-
H	5	17,4	-
I	< 0,05	< 5	-
J (Sable)	< 0,05	< 5	-
K (Sable)	< 0,05	< 5	-
L (Sable)	< 0,05	< 5	-
M (Sable)	< 0,05	< 5	-
N	9,33	73,68	-

* A à G : Site de la Martinique.
H à M : Site de L'Étang du Nord.
N : Site de L'Étang des Caps.

Source : Environnement Canada, Ottawa

Annexe V : Concentrations de BPC (Aroclor 1242) et de chlorobenzènes (poids sec) dans les sédiments prélevés à proximité de l'*Irving Whale* en juin et en juillet 1994, de même qu'en octobre 1995

Date d'échantillonnage	Localisation	Type d'échantillon	Aroclor 1242 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4,5-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3,4-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	N° Éch./ N° Lab
SÉDIMENTS PRÈS DE LA BARGE								
18 oct. 1995	Réservoir n° 1 avant tribord	Sédiments	50	1	0,4	0,2	1	4/95AT003585
16 juin 1994	Avant bâbord	Sédiments	890	26	8,2	5	26	4/94LG043
16 juin 1994	Arrière tribord	Sédiments	78	0,047	0,025	0,038	0,32	2/94LG044
16 juin 1994	Milieu de la barge Tribord	Sédiments	400	0,11	0,076	0,19	2,9	3/94LG045
15 juin 1994	Milieu de la barge Bâbord	Sédiments	10	0,025	0,0049	0,0084	0,014	5/94LG046
27 juillet 1995	Avant bâbord (Niveau 25)	Sédiments	50	0,22	0,06	0,035	0,18	6/95AT002237
27 juillet 1995	Avant tribord	Sédiments (benne)	25/27	-	0,03/0,02	0,005/0,004	0,014/0,015	41/95AT002239
27 juillet 1995	Avant bâbord	Sédiments (benne)	43	0,032	0,008	0,006	0,07	45/95AT002240
27 juillet 1995	Avant bâbord	Sédiments (carotte)	56/51	0,049	0,014	0,013	0,14	1/95AT002520
			40	0,045	0,012	0,0077	0,058	2/95AT002521
			40	0,046	0,013	0,0095	0,11	3/95AT002522
27 juillet 1995	Avant tribord	Sédiments (carotte)	120	0,15	0,051	0,03	0,13	1/95AT002517
			110	0,067	0,018	0,03	0,3	2/95AT002518
			69	0,28	0,061	0,039	0,25	3/95AT002519

Date d'échantillonnage	Localisation	Type d'échantillon	Aroclor 1242 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4,5-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3,4-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	N° Éch. / N° Lab
SÉDIMENTS DANS LA RÉGION								
19 oct. 1995	0,1 km N	Sédiments	0,05	0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	15/95AT003596
19 oct. 1995	0,1 km E	Sédiments	3	0,003	< 0,0005	0,001	0,006	16/95AT003597
19 oct. 1995	0,1 km O	Sédiments	0,06	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,0006	17/95AT003598
19 oct. 1995	0,1 km S	Sédiments	0,2	0,001	< 0,0005	< 0,0005	0,0009	18A/95AT003598
19 oct. 1995	0,1 km S	Sédiments	0,2	0,0008	< 0,0005	< 0,0005	0,0008	18B/95AT003599B
18 oct. 1995	0,5 km E	Sédiments	0,04	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	6/95AT003587
18 oct. 1995	0,5 km O	Sédiments	0,003	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	7/95AT003588
18 oct. 1995	0,5 km N	Sédiments	0,002	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	10/95AT003591
19 oct. 1995	0,5 km S	Sédiments	0,004	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	14/95AT003595
16 juin 1994	0,3 km NNE	Sédiments	0,04	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	GSC2/94LG047
16 juin 1994	1,0 km SSE	Sédiments	0,05	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	GSC4/94LG048
16 juin 1994	0,7 km SE	Sédiments	0,02/0,03	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	GSC3/94LG049
16 juin 1994	0,7 km SO	Sédiments	0,07	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	GSC1/94LG050
5 juillet 1995	0,45 km SE	Sédiments	0,12	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -1 Opilio
5 juillet 1995	0,4 km SE	Sédiments	0,02	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -2 Opilio
5 juillet 1995	1,4 km SE	Sédiments	0,01	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -3 Opilio
5 juillet 1995	1,8 km SE	Sédiments	0,02	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -4 Opilio
5 juillet 1995	2,1 km SE	Sédiments	0,02	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -5 Opilio
5 juillet 1995	2,4 km SE	Sédiments	0,01	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	95 -6 Opilio

Date d'échantillonnage	Localisation	Type d'échantillon	Aroclor 1242 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3-TCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,4,5-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1,2,3,4-TeCB ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	N° Éch. / N° Lab
18 oct.1995	1.0 km E	Sédiments	0,01	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	5/95AT003586
18 oct.1995	1.0 km O	Sédiments	0,003	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	8/95AT003589
18 oct.1995	1.0 km N	Sédiments	0,004	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	9/95AT003590
19 oct.1995	1.0 km S	Sédiments	0,005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	13/95AT003594
18 oct.1995	5 km SE	Sédiments	0,003	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	1/95AT00382
18 oct.1995	5.7 km NE	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	2/95AT003583
19 oct.1995	7.5 km NNE	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	19/95AT003600
19 oct.1995	10 km NNE	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	20/95AT003601
18 oct.1995	10.1 km NE	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	3A/95AT003584A
19 oct.1995	10.1 km NE	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	3B/95AT003584B
19 oct.1995	17 km SO	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	12/95AT003593
19 oct.1995	31 km SO	Sédiments	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	11/95AT003592

Source : Environnement Canada, Dartmouth

Annexe VI : Concentrations de BPC dans les échantillons biologiques prélevés à bord de l'*Opilio* à proximité de l'*Irving Whale* le 5 juillet 1995

Description de l'échantillon	TRAIT 1 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	TRAIT 2 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	Trait 3 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
<i>Crangon</i> sp. – crevette (entière)	0,28/0,28 (0,17)*	0,08 (0,071)*	0,04
Plie (muscle)	< 0,01	0,02**	0,01**/0,01**
Plie (foie)	0,1**		
Crabe des neiges – pattes (muscle)	< 0,01 / < 0,01	< 0,01	< 0,01 / < 0,01
Crabe des neiges (oeufs)	0,35		
Crabe des neiges (glande digestive)	0,66		0,10**(0,33)* 0,09**(0,28)*
Brome (muscle)	0,08		
Chaboisseau (entier)	0,63		
Ver (entier)	0,04**		
Bivalve (viscères)		< 0,01	< 0,01

NOTES :

- Distance de l'*Irving Whale* : trait n° 1, 566 - 1519 m; trait n° 2, 1774 - 2776 m; trait n° 3, 3 702 - 4 611 m.
- Les BPC présents dans les échantillons sont typiques de l'Aroclor 1242 et sont quantifiées à titre d'Aroclor 1242 à moins d'indication contraire.
- Limite de détection de la méthode : $0.01 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
- / Analyses en duplicata
- * Somme de 101 congénères de BPC (Axys Inc.)
- ** Aroclor 1242 pas clairement identifié.

Source : Environnement Canada, Dartmouth

Annexe VII : Concentrations de BPC dans les glandes digestives de crabes des neiges et dans des amphipodes prélevés le 9 août 1995 à proximité de l'*Irving Whale* et à un site de référence à Chéticamp (N.-É.)

Localisation	Échantillon	Somme des congénères* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ poids humide)	Nombre d'individus
30 m E	Crabe SC-301	1,031	5
500 m N	Crabe SC-302	0,332	4
30 m E	Amphipode A-305	0,163	> 50
500 m N	Amphipode A-306	0,116	> 50
Chéticamp	Crabe témoin P1	0,109	5
Chéticamp	Crabe témoin P2	0,111	5

* Somme de 70 congénères de BPC

Source : MPO - Halifax

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Annexe VIII : Concentrations de BPC dans les glandes digestives de crabes des neiges prélevés le 20 juillet 1995 à bord de l'*Opilio* à proximité de l'*Irving Whale*

Localisation	Somme des congénères* ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ poids humide)	Nombre d'individus
1-N-1	0,1291	10
1-N-2	Pas d'échantillon	-
1-E-1	0,1296	5
1-E-2	0,0586	5
1-S-1	0,1184	6
1-S-2	0,1182	4
1-W-1	0,1538	5
1-W-2	0,1007	5
10-N-1	0,1087	5
10-N-2	0,1026	5
10-E-1	0,0671	5
10-E-2	0,1064	5
10-S-1	0,0418	7
10-S-2	Pas d'échantillon	-
10-W-1	0,1017	6
10-W-2	0,0901	6
20-N-1	0,0966	6
20-N-2	0,1467	6
30-N-1	0,1078	6
30-N-2	0,1371	6

Remarque : Les localisations sont représentées en distance et en orientation par rapport à l'*Irving Whale*, accompagnées du numéro d'échantillon.

* Somme de 52 congénères de BPC

Source : MPO, Halifax

Annexe IX : Granulométrie et teneur en carbone organique total (COT) des échantillons de sédiments prélevés à proximité de l'*Irving Whale*

Numéro de l'échantillon	Localisation*	Gravier (%)	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)	COT
95AT002023	0,5 km N	< 1	95	5	<1	0,14
95AT002024	0,5 km S	< 1	96	4	<1	0,11
95AT002025	0,5 km E	< 1	96	4	<1	0,15
95AT002026	0,5 km O	< 1	95	5	<1	0,31
95AT002027	0,45 km SE	< 1	96	3	<1	0,24
95AT002028	0,94 km SE	< 1	96	3	<1	0,17
95AT002029	1,4 km SE	< 1	96	4	<1	0,26
95AT002030	1,9 km SE	< 1 (< 1)	95 (96)	4 (4)	<1 (<1)	0,18 (0,17)
95AT002031	2,1 km SE	< 1	96	4	<1	0,24
95AT002032	2,4 km SE	< 1	96	4	<1	0,33
95AT003582	5 km SE	< 1	94	5	<1	0,35
95AT003584	10,1 km NE	< 1	96	4	<1	0,23
95AT003594	1 km S	< 1	95	5	<1	0,19
95AT003595	0,5 km S	< 1	99	1	<1	0,09
95AT003598	0,1 km N	< 1	99	0	<1	0,05
95AT003599	0,1 km S	< 1	97	2	<1	0,21
95AT003600	7,5 km NNE	< 1	99	1	<1	0,08
95AT003601	10 km NNE	< 1	98	2	<1	0,08

() = Analyses en duplicata

* Distance et orientation par rapport à l'*Irving Whale*

Source : Environnement Canada, Dartmouth

Annexe X : Prévission du devenir des BPC à la suite d'un déversement près du fond ou dans les eaux de surface

Le comportement des BPC, lorsque déversés en grande quantité dans l'environnement, a été modélisé afin de déterminer leur devenir le plus probable à la suite d'un déversement provenant de l'*Irving Whale*. On a procédé à des simulations de la sédimentation et de l'étalement des BPC à l'aide d'un modèle basé sur : (1) le comportement du dichlorure d'éthylène (DCE) dans l'eau (Thibodeaux, 1980, *Dans Environnement Canada*, 1984) ; et (2) les conditions environnementales à proximité de la barge. Bien que le dichlorure d'éthylène soit différent des BPC, c'est le produit le plus près des BPC pour lequel le comportement dans l'eau est connu (M. Fingas, com. pers.) Les conditions environnementales prévalant à proximité de la barge sont basées sur des observations faites au cours des étés de 1993 et de 1995, ainsi que sur la modélisation existante (voir section 2.1). On a modélisé le comportement des BPC pour un déversement potentiel se produisant à deux profondeurs différentes dans la colonne d'eau, soit à la surface et près du fond (2 m). Dans le cas d'un déversement se produisant entre deux eaux durant les opérations de renflouage de l'*Irving Whale*, le comportement des BPC serait intermédiaire entre ces deux extrêmes et peu donc être simulé par intrapolation des résultats pour des déversements en surface et en profondeur. Deux déversements hypothétiques de BPC ont été examinés, soit le déversement de la totalité des BPC contenus initialement dans la barge (7 250 kg) et le déversement des BPC contenus initialement dans le système extérieur de tuyauterie principale (1 200 kg). Le premier cas est considéré comme étant le pire scénario tandis que le second représente un chiffre plus réaliste pour un déversement potentiel. Enfin, on a également procédé à des simulations afin de broser un tableau de toutes les situations dix jours après le déversement.

Le modèle du comportement des BPC dans l'eau de mer a été développé en utilisant les intrants suivants :

- immédiatement après le déversement, les BPC se fragmenteraient en gouttelettes dont le diamètre varierait de 5 à 0,01 mm, les plus grosses gouttelettes (de 5 à 1 mm) constituant 90 % du volume total des BPC (Thibodeaux, 1980);
- les BPC sont plus lourds que l'eau de mer (gravité spécifique de 1,39) et couleraient jusqu'au fond à une vitesse proportionnelle à la taille des gouttelettes, les plus grosses ayant la plus grande vitesse de sédimentation (Perry et Chilton, 1973);
- pendant la sédimentation, les gouttelettes seraient transportées par les courants dont l'intensité varie selon leur position verticale dans la colonne d'eau. Dans les premiers 15 mètres, l'action du vent maintient des courants de surface dont la vitesse peut atteindre $45 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (observations sur place de bouées dérivantes, mai 1995, MPO) et qui persistent pendant plusieurs jours en l'absence des forces exercées par le vent. De plus, l'orientation de ces courants de surface varie constamment dans le sens horaire sur une période de 16 heures. Les autres sources de déplacement considérées proviennent des marées, lesquelles agissent sur toute la colonne d'eau, avec des courants atteignant $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ et orientés suivant un axe correspondant à 310° - 130° (voir section 2.1). Les calculs ont été effectués en supposant le plus grand déplacement possible des gouttelettes de BPC, soit lorsque les deux courants sont orientés dans la même direction, vers le sud-est (130°) dans le cas présent;
- les courants transporteraient toutes les gouttelettes à la même vitesse, mais les plus petites se déplaceraient sur une plus grande distance en raison de leur vitesse de sédimentation plus faible et de leur temps de sédimentation conséquemment plus long dans la colonne d'eau;
- les gouttelettes de BPC seraient également diffusées horizontalement durant leur sédimentation, en raison des variations à petite échelle dans l'intensité des courants. La vitesse de diffusion utilisée dans les calculs ($10 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$) est celle qui est généralement employée pour la modélisation de déversements et représente une moyenne de valeurs observées sous différentes conditions océanographiques;
- le processus de diffusion horizontale des gouttelettes de BPC résulterait en un étalement plus important des petites gouttelettes avant que celles-ci n'atteignent le fond, là encore en raison de leur temps de sédimentation plus long;

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'Irving Whale

- les calculs de l'aire de contamination attendue sur le fond sont basés sur les valeurs correspondantes de l'aire de diffusion horizontale et de la distance parcourue avec les courants;
- le poids des sédiments a été calculé en supposant une contamination dans le premier centimètre des sédiments superficiels;
- les concentrations de BPC ont été calculées en divisant la quantité en poids des BPC par la somme du poids des sédiments et des BPC, pour chaque classe de taille de gouttelettes;
- lorsque déposés au fond, l'étalement des BPC à l'état pur, soit la fraction du liquide reposant en excès sur les sédiments, est supposé se produire à des concentrations supérieures à $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (M. Fingas, comm. pers.). Selon des observations faites à l'aide d'une caméra vidéo (voir section 5.2.1), la couche superficielle de sédiments fins contribuerait à maintenir les BPC jusqu'à cette concentration. Les BPC en excès de $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ seraient facilement remis en suspension par les courants;
- on a utilisé une valeur de $0,75\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ comme vitesse de cisaillement immédiatement au-dessus des sédiments (Sundby *et al.*, 1992), selon des mesures effectuées à 5 m au-dessus du fond (courants de marée de $20\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$; MacLaren Plansearch, 1993); et
- la vitesse d'étalement net des BPC serait beaucoup plus faible que la vitesse de cisaillement en raison du cycle des marées, ce qui résulte en un patron de courant sous forme d'ellipse presque fermée. Des mesures effectuées à 5 m au-dessus du fond marin donnent un rapport de 40 entre les courants de marée et l'écoulement résiduel net (voir section 2.1). En utilisant ce rapport, on obtient pour le déplacement des BPC une vitesse de $16\ \text{m}\cdot\text{j}^{-1}$ en direction est-sud-est (110°).

Toutefois, les BPC présents en concentrations supérieures à $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ auraient tendance à s'accumuler dans de petites dépressions sur le fond marin, ce qui n'a pas été considéré dans les calculs. Cette accumulation diminuerait la dimension des aires de contamination. Les résultats des simulations sont données dans les tableaux ci-après (Tableaux 4, 5 et 6) tandis que les interprétations visuelles des aires de contamination attendues pour des déversements de 7 250 kg de BPC près du fond et dans les eaux de surface sont fournies aux Figs. 10 et 11 respectivement (pages 23 et 24). Il est important de noter que, dans la situation pour 10 jours après un déversement près du fond, il a été nécessaire de regrouper les classes de tailles de gouttelettes de 5 à 1 mm et de 1 à 0,3 mm, en raison de leur regroupement avec le temps à mesure qu'elles se déplacent sur le fond marin.

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Tableau 4. Résultats des simulations de la sédimentation, de la diffusion et du transport horizontaux des BPC, par classe de taille des gouttelettes, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l'*Irving Whale*.

Caractéristiques du déversement		Diamètre des gouttelettes (mm) ¹	Vitesse de sédimentation (m·s ⁻¹) ²	Temps de sédimentation (s)	Aire de diffusion au fond (m ²) ³	Diamètre de l'aire de diffusion (m) ⁴	Distance parcourue (m) ⁵
Profondeur	Quantité (kg)						
Fond (2 m)	7 250	500	202	10	99	11	2
		100	90	22	221	17	4
		32	51	39	391	22	8
		10	29	70	699	30	14
		3	16	124	1 236	40	25
		1	9	221	2 211	53	44
	1 200	500	202	10	99	11	2
		100	90	22	221	17	4
		32	51	39	391	22	8
		10	29	70	699	30	14
		3	16	124	1 236	40	25
		1	9	221	2 211	53	44
Surface (67 m)	7 250	500	202	331	3 312	65	100
		100	90	741	7 406	97	223
		32	51	1 309	13 093	129	394
		10	29	2 342	23 421	173	705
		3	16	4 140	41 402	230	1 246
		1	9	7 406	74 063	307	2 229
	1 200	500	202	331	3 312	65	100
		100	90	741	7 406	97	223
		32	51	1 309	13 093	129	394
		10	29	2 342	23 421	173	705
		3	16	4 140	41 402	230	1 246
		1	9	7 406	74 063	307	2 229

¹ La plage des diamètres de gouttelettes de BPC est tirée de Thibodeaux (1980).

² La vitesse de sédimentation des gouttelettes est tirée de Perry et Chilton (1973)

³ L'aire de diffusion au fond est calculée à partir d'une diffusion horizontale moyenne en milieu marin de 10 m·s⁻¹ multipliée par le temps de sédimentation.

⁴ Le diamètre de l'aire de diffusion correspond à son diamètre sur une forme circulaire.

⁵ La distance parcourue est la distance horizontale parcourue par les BPC pendant leur sédimentation, laquelle est basée sur des courants inertiels de surface de 0,45 m·s⁻¹ (15 premiers mètres de la colonne d'eau, variant constamment en orientation sur une période de 16 heures) et des courants de marée de 0,20 m·s⁻¹ (sur toute la colonne d'eau et orientés suivant un axe de 310° - 130°).

Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Tableau 5. Résultats des simulations de l'étalement initial sur le fond des BPC et de leurs concentrations, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l'*Irving Whale*.

Caractéristiques du déversement		Classes de taille des gouttelettes (mm)	BPC (kg) ¹	Aire de contamination (m ²) ²	Poids des sédiments (kg) ³	Concentrations de BPC (µg·g ⁻¹) ⁴
Profondeur	Quantité (kg)					
Fond (2 m)	7 250	5 - 1	6 349	194	5 146	552 322
		1 - 0,3	621	372	9 866	59 217
		0,3 - 0,1	197	706	18 702	10 424
		0,1 - 0,03	63	1 341	35 525	1 770
		0,03 - 0,01	20	2 627	69 625	287
		Total	7 250	2 627	69 625	94 309
	1 200	5 - 1	1 051	194	5 146	169 595
		1 - 0,3	103	372	9 866	10 332
		0,3 - 0,1	33	706	18 702	1 761
		0,1 - 0,03	10	1 341	35 525	281
		0,03 - 0,01	3	2 627	69 625	43
		Total	1 200	2 627	69 625	16 943
Surface (67 m)	7 250	5 - 1	6 349	11 711	310 342	20 048
		1 - 0,3	621	19 378	513 517	1 208
		0,3 - 0,1	197	46 910	1 243 115	158
		0,1 - 0,03	63	108 825	2 883 863	22
		0,03 - 0,01	20	301 495	7 989 618	3
		Total	7 250	488 319	12 940 454	560
	1 200	5 - 1	1 051	11 711	310 342	3 375
		1 - 0,3	103	19 378	513 517	201
		0,3 - 0,1	33	46 910	1 243 115	27
		0,1 - 0,03	10	108 825	2 883 863	3
		0,03 - 0,01	3	301 495	7 989 618	1
		Total	1 200	488 319	12 940 454	93

¹ La partition des BPC dans les différentes classes de taille des gouttelettes est tirée de Thibodeaux (1980).

² L'aire de contamination est calculée en combinant les aires de diffusion avec la distance parcourue pour les extrêmes de chaque classe de taille. Le poids des sédiments est obtenu en multipliant l'aire de contamination par l'épaisseur des sédiments de surface (1 cm), le facteur de conversion volume-poids (1000) et la densité du sable (2,65).

⁴ Les concentrations de BPC correspondent à la quantité de BPC dans chaque classe de taille divisée par la somme du poids des sédiments et des BPC, multiplié par 1 000 000 pour une conversion en µg·g⁻¹.

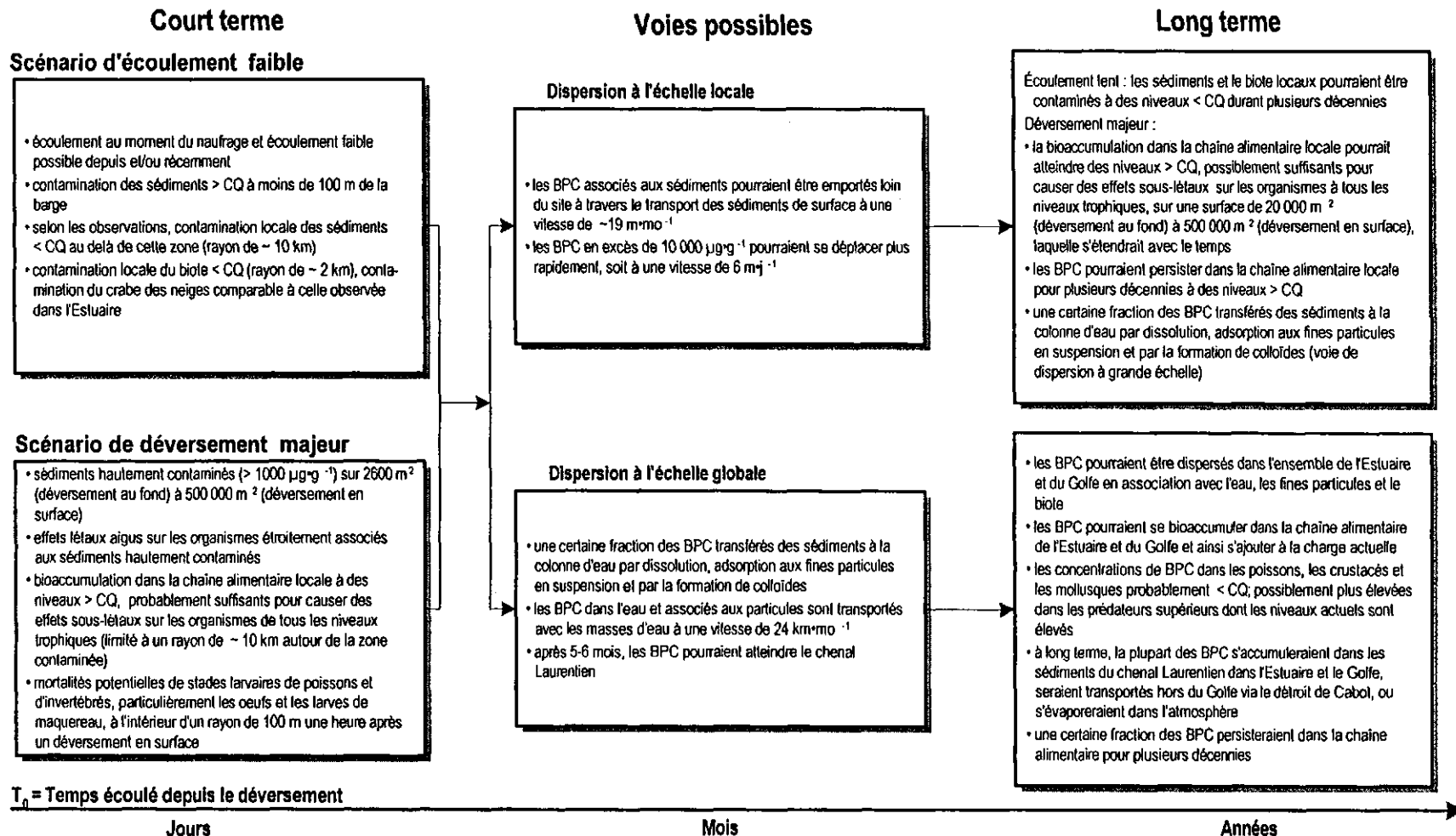
Conséquences environnementales potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale*

Tableau 6. Résultats des simulations de l'étalement horizontal des BPC sur le fond et de leurs concentrations après 10 jours, pour deux déversements hypothétiques de 7 250 kg et de 1 200 kg près du fond ou dans les eaux de surface à partir de l'*Irving Whale*.

Caractéristiques du déversement		Classes de taille des gouttelettes (mm)	BPC (kg)	Aire de contamination (m ²) ¹	Poids des sédiments (kg)	Concentrations de BPC (µg·g ⁻¹)
Profondeur	Quantité (kg)					
Fond (2 m)	7 250	5 - 0,3	6 970	3 941	104 437	62 564
		0,3 - 0,1	197	706	18 702	10 424
		0,1 - 0,03	63	1 341	35 525	1 770
		0,03 - 0,01	20	2 627	69 625	287
		Total	7 250	5 934	157 251	44 073
	1 200	5 - 0,3	1 154	3 941	104 437	10 929
		0,3 - 0,1	33	706	18 702	1 761
		0,1 - 0,03	10	1 341	35 525	281
		0,03 - 0,01	3	2 627	69 625	43
		Total	1 200	5 934	157 251	7 573
Surface (67 m)	7 250	5 - 0,3	3 135	11 711	310 342	10 001
		0,3 - 0,1	3 835	19 378	513 517	7 413
		0,1 - 0,03	197	46 910	1 243 115	158
		0,03 - 0,01	63	108 825	2 883 863	22
		0,03 - 0,01	20	301 495	7 989 618	3
		Total	7 250	488 319	12 940 454	560
	1 200	5 - 0,3	1 051	11 711	310 342	3 375
		0,3 - 0,1	103	19 378	513 517	201
		0,1 - 0,03	33	46 910	1 243 115	27
		0,03 - 0,01	10	108 825	2 883 863	3
		0,03 - 0,01	3	301 495	7 989 618	1
		Total	1 200	572 929	12 940 454	93

¹ L'étalement des BPC sur le fond en concentrations supérieures à 10 000 µg·g⁻¹ est calculé en utilisant une vitesse de cisaillement de 0,75 m·s⁻¹ (établie à partir d'un courant de marée de 20 m·s⁻¹) et du rapport de 40 observé entre les courants de marée et résiduels. On a utilisé un déplacement net de 16 m·d⁻¹ dans une direction est-sud-est (110°).

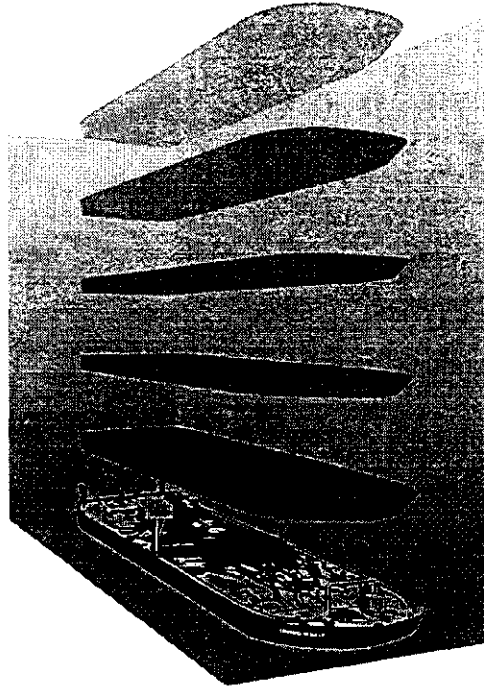
Annexe XI : Résumé des conséquences potentielles d'un déversement de BPC de l'*Irving Whale* sur le milieu marin du golfe de Saint-Laurent selon trois scénarios possibles de déversement



CQ = Critère de qualité des sédiments (0.1 µg·g⁻¹, Loi canadienne sur la protection de l'environnement, réglementation des rejets en mer, 1988) et du biote (2 µg·g⁻¹, norme canadienne pour les contaminants chimiques dans le poisson et les produits du poisson)



ANNEXE D



**ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES
OPÉRATIONS LIÉES À LA
RÉCUPÉRATION
DE LA BARGE IRVING WHALE
AVEC UNE ATTENTION PARTICULIÈRE
AU DÉVERSEMENT DES BPC:
SAWYER ENVIRO-ECONOMIC
CONSULTING, 1996**



**Évaluation économique des options liées à la
récupération de la barge *Irving Whale* avec une attention
particulière au déversement des BPC**

Rapport final

22 février 1996

Présenté à :

**Environnement Canada
Région de l'Atlantique
45 Alderney Drive
Dartmouth (N.-É.)**

Par :

**Sawyer EnviroEconomic Consulting
Économie des ressources et de l'environnement
14, Walsh Court
Halifax (N.-É.)
B3N 3G8
Tél. : (902) 477-0686
Internet : dsawyer@ac.dal.ca**

Table des matières

1. INTRODUCTION

2. PORTÉE

3. ENCADREMENT

4. PORTÉE DE L'ENCADREMENT

4.1 Étape 1 : Identifier les impacts biophysiques des scénarios de contamination

4.2 Étape 2 : Identifier les utilisations économiques des ressources naturelles

4.2.1 *Les pêcheries*

4.2.2 *La transformation*

4.2.3 *L'évaluation de base*

4.2.4 *Les exportations de crabe des neiges*

4.2.5 *Le tourisme*

4.3 Étape 3 : Identifier les liens entre l'économie et l'environnement

4.4 Étape 5 : Comparer et évaluer les scénarios

4.5 Les limites de l'étude

Liste des tableaux

Tableau no 1 : Effets sur les ressources des scénarios de déversement de BPC

Tableau no 2 : Débarquements des pêcheries commerciales dans le golfe en 1994 (tonnes)

Tableau no 3 : Valeur des pêcheries commerciales dans le golfe en 1994 (000 \$, 1995)

Tableau no 4 : Nombre d'usines de transformation et d'employés par espèce principale, région du golfe MPO 1995

Tableau no 5 : Valeur des exportations de crabes par pays : provinces maritimes, 1993

Tableau no 6 : Les fermetures reliées aux scénarios de déversement des BPC

Tableau no 7 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 5 ans

Tableau no 8 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 10 ans

Tableau no 9 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 20 ans

Tableau no 10 : Estimations des impacts économiques des pertes de livraisons de crabes des neiges sur le marché japonais : 1 an

Tableau no 11 : Estimations des impacts économiques des pertes de livraisons de crabes des neiges sur le marché japonais : 3 ans

1. INTRODUCTION

Ce document a pour but d'identifier et d'examiner les problèmes économiques liés à la récupération de la barge *Irving Whale* et au déversement possible de BPC dans le golfe du St-Laurent. Une attention particulière est accordée à l'identification des impacts économiques advenant des modifications dans les débarquements de poissons, et dans la valeur des procédés de transformation. Dans la mesure du possible, ce document s'appuie sur les plus récentes évaluations scientifiques en matière d'impacts environnementaux éventuels suivant divers scénarios de déversement de BPC, et fait appel à celles-ci à titre de fondement de l'analyse économique¹. Toutefois, la précision de l'analyse économique se voit limitée par la prise en compte des seuls impacts environnementaux connus et acceptés des divers scénarios de déversement de BPC.

Il est reconnu qu'il existe une grande incertitude quant à la quantité de BPC encore présents à bord de la barge et quant à la probabilité et à l'impact environnemental d'un déversement de BPC. Compte tenu de cette incertitude, l'analyse économique fera appel à un certain nombre de scénarios de fermeture de pêcheries afin de déterminer les impacts économiques liés aux scénarios de déversement de BPC.

Nous devons préciser que ce document vise à présenter un survol général des questions économiques. Pour cette raison, il trace les grandes lignes des répercussions économiques globales d'un déversement majeur *possible* de BPC du *Irving Whale* dans le but d'identifier des ordres de grandeur pour les évaluations d'impacts environnementaux, toujours dans le cadre de scénarios de déversement de BPC.

En premier lieu, on y présentera le cadre de cette étude économique lequel sera suivi d'une discussion générale portant sur l'activité économique existante ou de base dans le golfe. Les scénarios de contamination aux BPC seront ensuite examinés dans le contexte des impacts sur l'activité économique. Une évaluation des impacts économiques sera alors effectuée, et dans la mesure du possible, une quantification liée aux scénarios de déversement de BPC sera identifiée. Une discussion générale sur les conclusions du rapport suivra.

¹ Les données scientifiques ont été obtenues de : MPO-Science, 14 février 1996. *Advice of the Potential Environmental Consequences of PCB Spill from the Barge Irving Whale on the Marine Ecosystem of the Gulf of St. Lawrence.*

2. PORTÉE

Bien que cinq catégories d'effets socio-économiques ont pu être identifiées², ce rapport sera centré sur les effets économiques. Ceux-ci peuvent être de nature macro-économique ou fiscale, ou affecter la rentabilité des entreprises, l'emploi et le revenu. Ils peuvent également inclure la distribution des répercussions économiques sur les partenaires, les occasions d'affaires et les occasions à venir.³ De façon plus spécifique, ce rapport sera axé sur les répercussions qu'aurait sur le revenu et l'emploi un déversement majeur de BPC, et sur les fermetures possibles des pêcheries.

L'impact économique sera jugé non négligeable si les pertes en emplois et en revenus sont d'une durée et d'une ampleur plus importantes que les fluctuations à court terme d'un secteur économique donné.

3. ENCADREMENT

L'encadrement repose sur une approche par étapes afin que l'analyse puisse tenir compte des questions économiques et environnementales liées à un déversement majeur de BPC. Les étapes de l'encadrement sont les suivantes :

Étape 1 : Identifier les impacts biophysiques des scénarios de déversement

Lors de cette étape, les impacts environnementaux des divers scénarios de déversement seront examinés en vue de préciser comment ces scénarios peuvent modifier les niveaux d'activité économique dans le golfe. Les scénarios de déversement sont basés sur le document *MPO-Science (Potential Consequences of a PCB Spill from the Barge Irving Whale on the Marine Ecosystem of the Gulf of St. Lawrence)*⁴. Cette étape est exécutée de manière à ce que l'économiste puisse se familiariser avec les impacts environnementaux possibles liés aux scénarios mis de l'avant advenant un déversement de BPC.

2 Comportant les effets économiques, les effets sur les ressources naturelles (e.i. productivité, dégradation), les effets sur les infrastructures et les services (e.i. transport et communication), les effets sociaux (e.i. changements/transferts de populations), les effets culturels (e.i. changements de modes de vie).

3 ESSA Technologies and Resource Futures International, 1995. *Socio-economic Impact Assessment Guidelines*, Environnement Canada.

4 *MPO-Science*, op. cit.

Étape 2 : Identifier les utilisations économiques des ressources naturelles

Cette étape servira à identifier les utilisations économiques des ressources du golfe ainsi qu'à présenter l'ampleur de l'activité économique liée aux ressources naturelles du golfe.

Étape 3 : Identifier les liens entre l'économie et l'environnement

Cette étape assurera l'intégration des données économiques et environnementales afin de préciser la manière dont diffèrent les effets économiques propres à chacun des scénarios de déversement de BPC. Il s'agit d'établir quelles seraient les activités économiques mises en péril dans chacun des scénarios.

Étape 4 : Déterminer les effets économiques des scénarios

Les effets économiques des scénarios de déversement de BPC seront analysés, et les impacts économiques probables relatifs à chaque scénario seront établis.

Étape 5 : Comparer et évaluer les scénarios

Cette section est vouée, dans une perspective qualitative et quantitative, à la discussion et à la comparaison des divers scénarios de déversement.

4. PORTÉE DE L'ENCADREMENT

4.1 Étape 1 : Identifier les impacts biophysiques des scénarios de déversement

Trois scénarios seront étudiés afin de déterminer quels seraient les impacts environnementaux des BPC dans le contexte de la récupération de la barge : 1) Fuite continue et abandon; 2) Déversement majeur au fond de l'eau au cours des opérations de récupération; 3) Déversement majeur à la surface de l'eau au cours des opérations de récupération. Un résumé des impacts environnementaux des scénarios a été tracé dans le document *MPO-Science (Potential Consequences of a PCB Spill from the Barge Irving Whale)*. Les impacts environnementaux prévus dans le cadre des scénarios sont présentés dans le Tableau no 1.

4.2 Étape 2 : Identifier les utilisations économiques des ressources naturelles

Après avoir examiné les données scientifiques les plus récentes sur les impacts environnementaux d'un éventuel déversement majeur de BPC du *Irving Whale*, il est clair que, dans une perspective économique, les ressources des pêches dans l'entourage immédiat de la barge seront les plus menacées. L'industrie touristique constitue également un facteur économique très important pour les provinces du golfe et il en sera question plus loin.

L'activité économique de base qui pourrait être menacée advenant un déversement majeur de BPC sera identifiée. Pour ce faire, nous débuterons avec une discussion générale sur le niveau d'activité économique dans le golfe. L'étape 3 sera axée uniquement sur les pêcheries commerciales qui pourraient, à la suite d'un déversement majeur de BPC, subir des modifications de leurs activités économiques.

4.2.1 Pêcheries

D'un point de vue économique, les pêches dans le golfe sont d'une importance capitale. Afin d'établir la base de l'activité économique dans le golfe, le MPO a fourni des données sur les débarquements de poissons et sur la valeur des pêcheries commerciales dans le golfe. Ces données sont présentées dans les tableaux no 2 et no 3. Comme on peut le constater, la valeur annuelle du poisson pêché dans le golfe avoisine les 410 millions \$⁵. L'Annexe 2 présente des données relatives aux débarquements de poissons et des valeurs selon l'espèce, de même qu'une ventilation des débarquements par sous-unité de zone de pêche dans la région 4T. La région de pêche désignée 4T, située dans le golfe, constitue une proportion non négligeable de la prise⁶ et se trouve dans la zone où la barge a coulé. (Voir Annexe 1)

5 À moins d'avis contraire, tous les chiffres sont ajustés en dollars canadiens constants de 1995 selon l'indice CPI de Statistique Canada (No cat. 62-001) basé sur la moyenne de l'indice CPI pour les cinq provinces du golfe.

6 77 % de la valeur total dans le Tableau no 3, comprenant le golfe (4T) et les Îles-de-la-Madeleine.

Tableau 1 : Effets sur les ressources des scénarios de déversement de BPC			
Scénario	Fenêtre temps	Zone affectée	Effets sur ressources
1. Fuite continue et abandon	Court terme	• Accumulation de BPC autour de la barge avec des niveaux décroissants en s'éloignant de celle-ci	• Pêches contaminées dans le secteur immédiat de la barge
	Long terme	• Accroissement des niveaux de BPC dans le golfe	• Les processus de bioaccumulation et d'accumulation de sédiments viendront s'ajouter au problème actuel des BPC dans le golfe ⁷
2. Fuite sur le fonds marin lors du sauvetage	Court terme	• Impacts sur une zone maximale d'un rayon de 10 kilomètres ⁸	• Effet aigu et sous-léthal sur les organismes vivant dans des sédiments hautement contaminés ⁹ • Bioaccumulation probablement suffisante pour provoquer un effet de chronicité sous-léthal chez les organismes benthiques ¹⁰
	Long terme	• Accroissement des niveaux de BPC dans le golfe	• Mêmes effets que dans le scénario no 1
3. Fuite à la surface lors du sauvetage	Court terme	• Accumulation de BPC dans de larges zones avec des concentrations moins importantes que dans le scénario no 2	• Mêmes effets que dans le scénario no 2
	Long terme	• Aggravation du problème des BPC dans l'écosystème du golfe	• Mêmes effets que dans le scénario no 1

7 MPO-Science, ibid.

8 MPO-Science, ibid.

9 MPO-Science, ibid.

10 MPO-Science, ibid.

**Tableau 2 : Débarquements des pêcheries commerciales
dans le golfe en 1994 (tonnes)**

Espèces	Golfe (4T)	Îles-de-la-Madeleine	Côte ouest T.-N. (4R, 3Pn)	Québec*	Total des débarquements dans le golfe
Poissons de fond	6 987	4 618	12 900	3 953	28 458
PélagiquesA nadromes	93 485	5 800	16 270	3 400	118 955
Invertébrés	64 606	3 880	7 411	18 183	94 080
Total - Toutes espèces	165 078	14 298	36 581	25 555	241 512

Source : Service des statistiques de Pêches et Océans Canada, Moncton

* Les chiffres pour le Québec peuvent être exagérés en raison de l'ajout de débarquements autres que ceux du golfe du St-Laurent. Des contraintes de temps nous ont empêché de nous prévaloir des chiffres à jour.

**Tableau 3 : Valeur des pêcheries commerciales dans le golfe en 1994
(000 \$, 1995)**

Espèces	Golfe (4T)	Îles-de-la-Madeleine	Côte ouest T.-N. (4R, 3Pn)	Québec*	Total des débarquements dans le golfe
Poissons de fond	5 258 \$	1 307 \$	8 294 \$	5 837 \$	20 696 \$
PélagiquesA nadromes	18 511 \$	1 349 \$	3 432 \$	2 512 \$	25 805 \$
Invertébrés	262 445 \$	25 571 \$	20 786 \$	57 135 \$	365 936 \$
Total - Toutes espèces	286 214 \$	28 227 \$	32 512 \$	63 454 \$	410 407 \$

Source : Service des statistiques de Pêches et Océans Canada, Moncton

* Les chiffres pour le Québec peuvent être exagérés en raison de l'ajout de débarquements autres que ceux du golfe du St-Laurent. Des contraintes de temps nous ont empêché de nous prévaloir des chiffres à jour.

On pêche le crabe des neiges dans les environs immédiats du *Irving Whale*. Dans une zone de 10 minutes par 10 minutes (environ 350 km²) environnant la barge, 304 tonnes de crabe des neiges ont été pêchées en 1995¹¹. En admettant que la valeur d'une tonne est de 3 185 \$ (basée sur la valeur des débarquements de poissons en 1993), la valeur annuelle de

11 Communication personnelle, Elmer Wade, MPO Moncton. Voir Annexe 3.

la pêche au crabe des neiges dans un carré de 10 minutes par 10 minutes autour de la barge est estimée à 968 259 \$. Ce montant ne comprend pas la valeur des produits de la transformation. De petites quantités de morues et de plies américaines sont également prises dans la zone de la barge¹². L'été, les deux espèces fréquentent la zone l'été pour s'alimenter¹³.

4.2.2 Transformation

La valeur de la production de l'industrie de la transformation du poisson de la région du golfe a été de 440 millions \$ en 1993¹⁴. Des évaluations plus récentes ne sont pas disponibles. À la lumière de ces informations et de la valeur totale des débarquements de poissons estimée pour 1995, la valeur des procédés de transformation pour le golfe du St-Laurent est évaluée à 686 millions \$. Les statistiques du MPO sur le nombre d'employés et d'usines de transformation du poisson dans la région du golfe sont présentées dans le Tableau no 4. Le nombre d'emplois à temps plein dans le secteur de la transformation pour toute la région du golfe est estimé à environ 40 000.

Tableau 4: Nombre d'usines de transformation et d'employés par espèce principale — Région du golfe 1995					
Espèces	Nouveau-Brunswick		Nouvelle-Écosse		I.-P.-É.
	Usines	Employés	Usines	Employés	Usines Employés
Poissons de fond	5	246	2	23	3 125
Hareng	58	4 231	7	355	11 699
Homard	40	3 736	9	495	27 1 861
Crabe des neiges	19	3 507	6	357	11 439
Total	122	11 720	24	1 230	52 3 124

Source : MPO, Services économiques, Moncton

Note : Des données plus récentes sur les usines de transformation des espèces commerciales du St-Laurent au Québec et à Terre-Neuve n'étaient pas disponibles.

4.2.3 Évaluation de base

En raison du caractère limitatif des données et des contraintes de temps, des renseignements détaillés portant sur les débarquements de poissons et sur la valeur de la production étaient disponibles pour la seule région de l'Organisation des Pêcheries de l'Atlantique Nord (OPANO) 4T. Toutefois,

12 CEF et ASA. 1992. *Évaluation des risques environnementales liées aux différentes options de récupération du Irving Whale*, Rapport préparé pour la Garde côtière canadienne et Environment Canada.

13 Communication personnelle, Doug Swain, MPO Moncton.

14 Service des statistiques du MPO, Moncton.

cette attention particulière accordée à la région 4T ne met pas en péril la validité de l'analyse puisque la barge repose au centre de la région 4T et que la majorité des débarquements de poissons du golfe du St-Laurent proviennent de cette zone. De plus, il est prévu que les impacts environnementaux les plus immédiats et les fermetures possibles des pêcheries surviennent dans une zone restreinte. À ce titre, l'attention accordée à la zone 4T demeure justifiée.

Des multiplicateurs économiques ont été utilisés afin de déterminer le PIB de base et les chiffres sur l'emploi. L'Annexe 4 présente un examen de l'utilisation des multiplicateurs de même que des multiplicateurs utilisés dans ce rapport. La contribution des secteurs des pêches et de la transformation du poisson au PIB régional est le meilleur indicateur de la contribution économique des ressources du golfe. Tel que mentionné plus haut, nous centrerons l'analyse économique sur la zone 4T. L'évaluation de la contribution économique de la zone 4T au PIB régional et à l'emploi est de l'ordre de :

PIB des pêcheries :	288 millions \$
PIB des usines de transformation :	742 millions \$
PIB total estimé pour la zone 4T :	1,3 milliard \$

Nombre total d'emplois ¹⁵ du secteur des pêches dans la région entière du golfe :	125 000
---	---------

4.2.4 Les exportations de crabes des neiges

En 1993, la valeur totale des exportations du crabe des neiges (tous produits confondus) était de 90,26 millions \$ (\$ de 1995) pour les provinces maritimes¹⁶. Les exportations de crabes des neiges du Québec viendraient accroître la valeur de ces exportations. Toutefois, étant donné que les débarquements de crabes des neiges au Québec sont considérablement moins importants qu'au Nouveau-Brunswick, la valeur des exportations n'augmenterait que légèrement avec l'ajout des exportations québécoises. Les marchés extérieurs clés pour les provinces maritimes sont présentés dans le Tableau no 5.

¹⁵ Ceci comprend les emplois directs dans les secteurs des pêches et de la transformation; des emplois indirects dans des industries connexes; et des emplois induits tels que les emplois générés par les dépenses domestiques de salaires bruts.

¹⁶ MPO, Services économiques, Moncton.

**Tableau 5 : Valeur des exportations de crabe par pays :
provinces maritimes, 1993**

Pays	Valeur des exportations (millions \$)	% total des exportations de crabe
Japon	80,05	87 %
États-Unis	4,06	4 %
Autres	7,75	9 %
Total	91,87	100 %

Source : MPO, Services économiques, Moncton et Statistique Canada

Tel qu'indiqué dans le Tableau no 5, les exportations des provinces maritimes vers le marché japonais comptaient en 1993 pour 87 % de la valeur totale des exportations de crabes des neiges. Par rapport à la valeur totale de la pêche de crabes des neiges, les bénéfices tirés du marché extérieur japonais en font sans contredit le marché le plus important pour les pêcheries. À titre d'exemple, la valeur du marché extérieur japonais pour les provinces maritimes (80,05 millions \$) est à peu près équivalente à 66 % de la valeur totale de la pêche de crabes des neiges (121,11 millions \$ en 1993)¹⁷ de la région du golfe. Il ne fait aucun doute que le marché japonais est très important pour la pêche de crabes des neiges dans le golfe du St-Laurent.

4.2.5. Le tourisme

Un rapport de MacLellan (1994) identifie la contribution au PIB pour 1994 de l'industrie touristique de la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard, de la côte ouest du Cap-Breton et des Îles-de-la-Madeleine à 54,02 millions \$ (\$ 1995). Ces chiffres ne comprennent pas les prévisions du Nouveau-Brunswick, de Terre-Neuve et d'autres régions du Québec. Pour mettre les choses en perspective, la contribution du tourisme à l'économie de l'Île-du-Prince-Édouard a été de 175 millions \$ en 1989.¹⁸

4.3 Étape 3 : Identifier les liens entre l'économie et l'environnement

Dans cette section, nous entendons identifier les activités économiques les plus susceptibles de connaître des changements dans leur niveau de production suite à un déversement important de BPC. Nous devons toutefois identifier d'abord certaines catégories de coût qui pourraient résulter d'un déversement important de BPC. Les coûts économiques d'un tel déversement dans le golfe par la barge *Irving Whale* sont :

¹⁷ Valeur des débarquements - valeur du pourcentage des débarquements du secteur de la transformation + valeur de la production de la transformation.

¹⁸ 18. CEF, op. cit

Pêcheries : La fermeture de zones de pêche dans le golfe suite à la contamination des stocks commerciaux de poissons, très probablement celle du crabe des neiges. Le déclin conséquent de la valeur des débarquements et des pêcheries pourrait entraîner une perte d'emplois dans le secteur des pêches et de l'industrie de la transformation comme une baisse du produit intérieur brut (impact direct), la perte d'emplois et de revenus dérivés dans les industries connexes (impact indirect), et une baisse du revenu ménager qui aura pour conséquence une diminution des dépenses (impact induit);

Tourisme : Il est peu probable qu'une augmentation du déversement de BPC par le *Irving Whale* donnerait lieu à une diminution des visites touristiques. Nous prendrons dès lors pour acquis qu'aucun effet sur le tourisme ne sera associé aux scénarios de BPC mentionnés précédemment. Toutefois, si une quantité importante de mazout s'écoule de la barge et que le mazout se répand sur les plages, alors on peut prévoir à court terme un déclin des arrivées touristiques dans les régions côtières du golfe, y compris le Cap-Breton, l'Île-du-Prince-Édouard et les Îles-de-la-Madeleine;

Le coût du nettoyage : On peut prévoir qu'un déversement occasionnera des coûts de nettoyage à court terme;

Coûts du contrôle : Un contrôle à long terme des ressources des pêcheries comme de la région environnante de la barge sera nécessaire dans l'éventualité d'un déversement important de BPC;

Coûts de marketing : Les coûts additionnels de marketing pour éviter la détérioration de l'image du produit dans les marchés clés intérieurs et ceux d'exportation;

Marchés d'exportation : La contamination présumée des produits de poissons pourrait avoir un impact sur les marchés intérieurs et sur les marchés d'exportation et affecter défavorablement la part de marché;

Les coûts de santé humaine : Nous ne sommes pas en mesure d'évaluer si des coûts de santé seront associés.

Il serait bon de noter que la grande incertitude qui règne quant à l'effet à long terme des doses de BPC sur les stocks de poissons comme sur la santé humaine empêche de déterminer tout impact économique significatif à long terme. Toutefois, à brève échéance, des fermetures de pêcheries commerciales en raison de niveaux élevés de BPC semblent être une possibilité.¹⁹

Une étude détaillée des liens entre les augmentations de BPC dans le golfe et les activités économiques du golfe suivra.

19 Communications personnelles de divers responsables du MPO et du MDE.

BPC et liens avec les pêcheries

Une augmentation du taux des BPC, suite à un écoulement important, occasionnerait la fermeture de pêcheries commerciales si le taux de BPC dans les espèces commerciales devait excéder la norme de 2PPM.²⁰ Pour déterminer les effets économiques d'un déversement important, nous devons donc connaître l'étendue de la zone de fermeture, tant à court terme qu'à long terme. Une fois la zone déterminée comme sa durée, nous pourrions déterminer la perte de valeur de production des pêcheries fermées.

Après examen du document *MPO-Science (Potential Consequences of a PCB Spill from the Barge Irving Whale)*, et après consultation auprès d'experts quant à la durée possible et à l'étendue d'une zone de fermeture des pêcheries suite à un déversement important de BPC, il apparaît clairement que nous ne sommes pas en mesure de donner des précisions sur une zone donnée ni même de déterminer si cette fermeture sera nécessaire dans l'éventualité d'un déversement majeur de BPC. Une estimation de l'étendue de la zone de fermeture et de sa durée est d'autant plus ardue que la décision définitive de fermer une pêcherie est de nature politique. Compte tenu de cette incertitude, nous identifierons différentes étendues de zones de fermeture (voir Tableau no 6) à court terme et à long terme et nous présenterons un éventail des impacts économiques potentiels qui y sont associés. Au fur et à mesure que nous obtiendrons plus d'information quant à la fermeture potentielle associée à un déversement important de BPC, nous intégrerons l'information dans l'analyse économique de façon à pouvoir obtenir des résultats plus exacts.

La pêche de crabes des neiges dans la région environnante de la barge *Irving Whale* (voir Annexe 2) a été identifiée au cours des opérations de renflouage comme le secteur des pêcheries le plus vulnérable à un déversement majeur de BPC. L'analyse économique se concentrera donc exclusivement sur la perte de valeur de production résultant d'un ensemble d'options de fermeture pour la pêche de crabes des neiges. Bien que d'autres types de pêche sont pratiqués dans la région environnante de la barge, leur importance sur le plan économique est moindre que celle du crabe des neiges. Un manque de données nous empêche aussi d'inclure d'autres espèces dans l'étude. Cette omission ne nuit pas aux résultats de l'analyse compte tenu du fait que les autres types de débarquements dans la région sont minimes comparativement à ceux du crabe des neiges.

20 Il s'agit d'une norme canadienne. D'autres normes des marchés d'exportation existent, telle que la norme 0.5 ppm pour l'hépatopancréas du crabe des neiges utilisée par les Japonais. Une norme plus rigoureuse pourrait entraîner une perte des marchés existants et conséquemment aurait des impacts économiques encore plus grands.

Tableau 6 : Les fermetures liées aux scénarios de déversement des BPC

Scénario	Durée Année	Effets sur les ressources	Unité de pêche Région affectée	Pêche affectée	Effets économiques
1. Fuite lente	SR	Contamination aux BPC localisée	Aucune région	Aucune espèce	Aucun changement prévisible
	LR	Augmentation des BPC dans le golfe	Aucune région	Aucune espèce	Aucun changement prévisible
2. Déversement au fond	0-5	Contamination aux BPC	Quelque % de 4 Tk 100 à 700 km ²	Crabe des neiges pélagique, poisson de fond	Perte de revenus et d'emplois dans les pêcheries et dans l'industrie de la transfor- mation
	5-20	Augmentation des BPC dans le golfe	Quelque % de 4 Tk 100 à 700 km ²	Crabe des neiges pélagique, poisson de fond	Perte de revenus et d'emplois dans les pêcheries et dans l'industrie de la transfor- mation
3. Déversement en surface	0-5	Contamination aux BPC	Quelque % de 4 Tk 100 à 700 km ²	Crabe des neiges pélagique, poisson de fond	Perte de revenus et d'emplois dans les pêcheries et dans l'industrie de la transformation
	5-20	Augmentation des taux de BPC dans le golf	Quelque % de 4 Tk 100 à 700 km ²	Crabe des neige pélagique, poisson de fond	Perte de revenus et d'emplois dans les pêcheries et dans l'industrie de la transfor- mation

BPC — Liens avec le tourisme

Compte tenu de la nature locale d'un déversement important de BPC, on ne prévoit pas que l'industrie du tourisme sera affectée. Toutefois, sur le plan économique, dans l'éventualité d'un déversement majeur de mazout, on pourrait s'attendre à ce que les arrivées touristiques soient affectées. L'ampleur du changement dans les arrivées touristiques de la région est grandement incertain, mais les chiffres mis de l'avant par MacLellan (1994) pour un déversement de mazout de la barge *Irving Whale* pourrait servir de point de départ. Ce taux est évalué à une diminution de 30 % des visites touristiques au cours de la première année suivant le déversement. Ce pourcentage dépend du moment pendant la saison haute où se produira le déversement et de la quantité de mazout répandue sur les plages. Cet impact économique résultant peut être mis dans la catégorie du court terme.

BPC — Liens avec le marché des produits de poissons

La contamination présumée des ressources des pêcheries peut avoir des répercussions défavorables sur les marchés intérieurs et extérieurs. Aussi, des produits de poissons qui montrent de faibles niveaux de contamination aux BPC peuvent être acceptables pour fin de consommation selon les normes de santé canadiennes, mais ce n'est peut-être pas le cas sur tous les marchés de produits de poissons. Si un produit de poisson est perçu comme contaminé, alors la valeur des livraisons pourrait être affectée à court terme comme à long terme. Les faits scientifiques pourraient dès lors n'avoir aucune influence sur le comportement du consommateur des marchés intérieurs et extérieurs.

La différence dans les normes de santé pour la consommation de produits de poissons sur les marchés d'exportation doit aussi être prise en considération si un déversement important de BPC se produit. Bien que les normes canadiennes et américaines des taux de BPC dans les produits de poissons soient d'environ 2 ppm, les normes japonaises sont plus sévères. Par exemple, la norme japonaise est de 0,5 ppm pour l'hépatopancréas, un produit d'exportation majeur, et même plus sévère pour d'autres produits.²¹ Cette norme de santé rigoureuse, dans le plus important marché pour l'ensemble des pêcheries de crabes, devrait être prise en considération lorsqu'on étudie les conséquences socio-économiques d'un déversement majeur de BPC de la barge *Irving Whale*.

Étape 4 : Déterminer les effets économiques des scénarios

Dans cette section, nous déterminerons l'impact économique résultant de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour un éventail de zones et de périodes de temps. Pour chacune de ces éventualités, les impacts

21 La norme rapporté est de 0,05 ppm.

économiques sont exprimés en termes de changement dans le produit intérieur brut (PIB) et dans l'emploi et sont estimés sur la base des multiplicateurs du PIB (voir Annexe 4). Les impacts économiques annuels ont été calculés en utilisant un taux de 7 % pour exprimer l'impact économique global en dollars constants de 1995.

Les impacts économiques sont basés sur des changements dans les débarquements de crabes des neiges associés aux différentes prévisions de zones de fermeture de pêcheries. Les débarquements par zone, qui sont présentés dans l'Annexe 3, sont exprimés en pourcentage de l'ensemble des débarquements prévus de crabes des neiges pour la région 4Tk (voir Annexe 2) afin de déterminer le changement dans les débarquements de crabes des neiges associés aux différentes zones de fermeture. Ce changement dans la valeur des débarquements est alors utilisé pour déterminer les changements dans le PIB et dans l'emploi basés sur les changements subséquents dans le niveau d'activité économique qui pourrait résulter d'une diminution des débarquements de crabes des neiges.

Trois périodes de temps de 5, 10 et 20 ans ont été établies pour les fins de l'analyse. Pour chacune de ces périodes, cinq zones de fermeture ont été modélisées : des zones de 100, 350 et 700 km². Cet éventail de zones a été choisi arbitrairement en raison de l'incertitude quant aux fermetures potentielles des pêcheries qui pourraient ou non survenir par suite d'un déversement important de BPC. L'éventail des impacts économiques associés aux zones de fermeture sont présentés aux tableaux 7 à 9.

Tableau 7 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 5 ans

Zone de fermeture (km ²)	Pertes de crabes des neiges (Tonnes)	Total du PIB \$ 1995	Emplois annuels	Total des emplois
100	88	3,55	56	278
350	304	12,26	192	960
700	500	20,14	315	1,577

Tableau 8 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 10 ans

Zone de fermeture (km ²)	Pertes de crabes des neiges (tonnes)	Total du PIB \$ 1995	Emplois annuels	Total des emplois
100	88	6,09	56	557
350	304	21,0	192	1 920
700	500	34,5	315	3 155

Tableau 9 : Estimations des impacts économiques de la fermeture des pêches de crabes des neiges pour une période de 20 ans				
Zone de fermeture (km ²)	Pertes de crabes des neiges (tonnes)	Total du PIB \$ 1995	Emplois annuels	Total des emplois
100	88	8,82	53	1 057
350	304	30,43	182	3 648
700	500	50,0	300	5 994

En 1991, le Nouveau-Brunswick recueillait près de 80 % de tous les débarquements de crabes des neiges dans la zone 4Tk. Le reste des débarquements dans cette zone était réparti entre le Québec (16 %) et l'Île-du-Prince-Édouard (4 %).²² Il est probable que dans l'éventualité d'un important déversement de BPC, ce sera le Nouveau-Brunswick qui subira les plus lourdes pertes en terme de revenus et d'emplois.

Marchés d'exportation

L'arrêt ou la diminution, même à court terme, des livraisons sur le marché japonais du crabe des neiges en provenance des provinces maritimes par suite d'un déversement important de BPC, pourrait avoir un impact économique important sur l'industrie du crabe des neiges. Comme il est difficile de prévoir la réaction des marchés d'exportation dans un tel cas, les scénarios préparés mettent en lumière les impacts économiques résultant d'une perte de la valeur des livraisons sur le marché japonais. Les résultats d'une diminution des livraisons sur le marché japonais pour une période d'un an et de trois ans sont présentés aux tableaux 10 et 11.

Tableau 10 : Estimations des impacts économiques des pertes de livraisons de crabes des neiges sur le marché japonais : 1 an		
Valeur annuelle des pertes de livraisons (%)	PIB \$ 1995	Total des emplois
10	8,1	734
25	20,2	1 836
50	40,4	3 672

²² CEF op. cit.

Tableau 11 : Estimations des impacts économiques des pertes de livraisons de crabes des neiges sur le marché japonais: 3 ans

Valeur annuelle des pertes de livraisons (%)	PIB \$ 1995	Total des emplois
10	22,7	2 203
25	56,8	5 507
50	113,5	11 015

4.4 Étape 5 : Comparer et évaluer les scénarios

À partir des discussions avec les personnes clés, il a été estimé qu'une zone de fermeture de 100 km² pendant une période de cinq ans serait l'option de fermeture minimale. Cela signifierait qu'un déversement important de BPC pourrait occasionner une perte minimale de 3,55 millions \$ du PIB et de 278 emplois. Un scénario probable serait une zone de fermeture de quelque 350 km² (un rayon de 10-11 km² autour du projet *Whale*) pour une courte période (5 ans). Si ce scénario se réalisait, un déversement majeur de BPC occasionnerait une perte de 12,6 millions \$ du PIB et de 960 emplois pour une période de cinq ans. Il est estimé que la fermeture d'une zone minimale de 100 km² aurait des impacts économiques importants. Compte tenu de l'incertitude quant à l'étendue et à la durée de la période de fermeture des zones de pêche associées aux scénarios d'un déversement de BPC, ce rapport n'est pas en mesure de présenter des conclusions plus détaillées quant aux impacts économiques possibles.

Il est également important de souligner que le marché japonais est le principal marché d'exportation pour l'industrie du crabe des neiges. Une perte de la valeur des livraisons sur le marché japonais due à un important déversement de BPC aurait un impact économique défavorable. Par exemple, une diminution de 10 % de la valeur des expéditions pour un an pourrait occasionner une perte de 8,1 millions \$ du PIB et de 734 personnes années pour le secteur des emplois. Compte tenu de l'incertitude quant au comportement du marché japonais par suite d'un déversement de BPC par le *Irving Whale*, il est impossible pour l'instant de présenter des estimations plus précises.

Il convient aussi de souligner qu'aucun impact économique défavorable n'est prévu dans l'éventualité où un déversement de BPC ne se produirait pas. Dans ce cas, il ne s'ensuivrait aucun impact économique important.

4.5 Les limites de l'étude

Trois contraintes de la présente étude ont été identifiées :

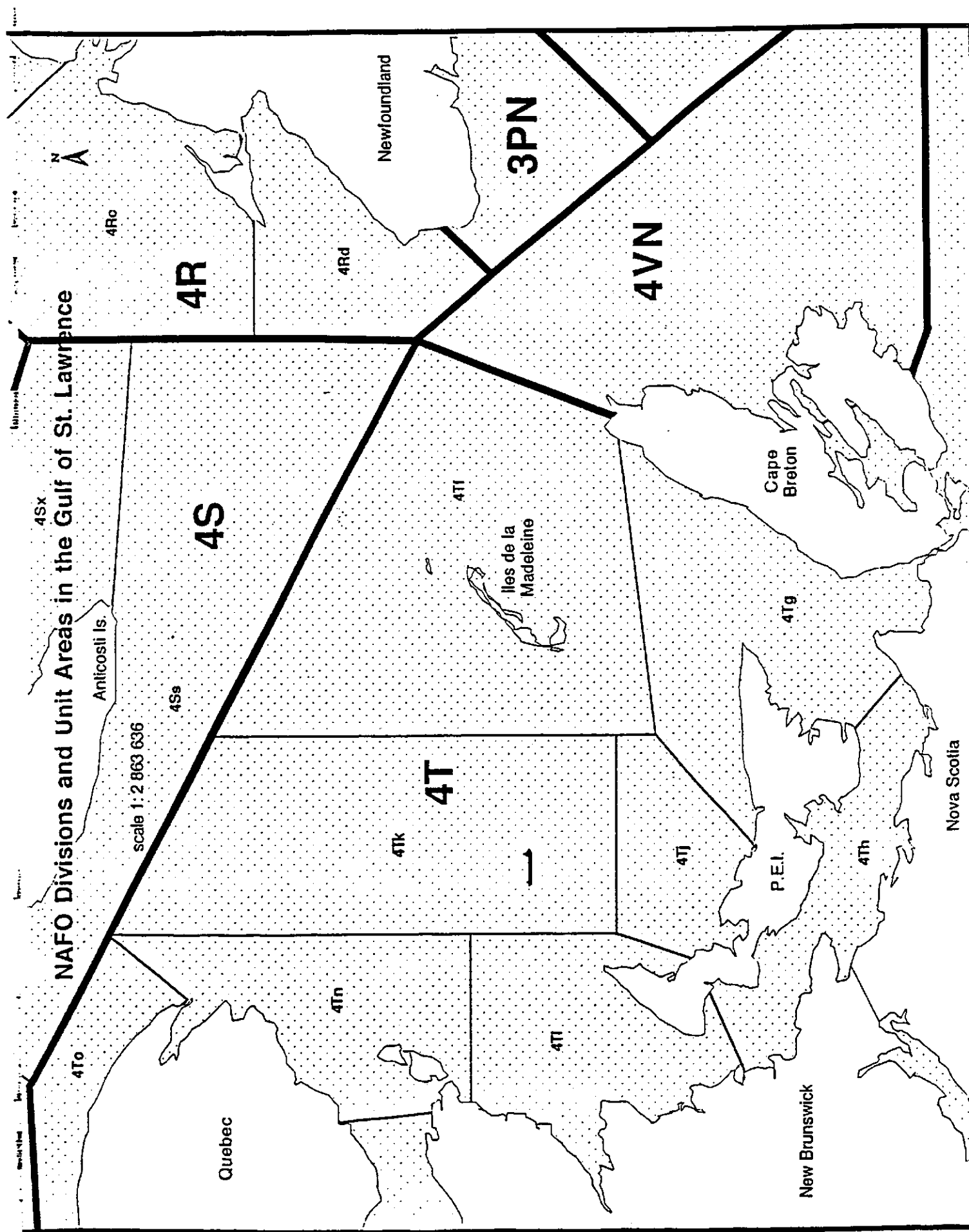
- 1) Les données et l'approche — Le temps alloué n'a pas permis d'obtenir des séries chronologiques. Ainsi, des échantillons d'un an ont souvent été utilisés. En outre, les multiplicateurs économiques de la Nouvelle-Écosse ont été utilisés comme base pour les estimations. Bien qu'une période d'étude plus longue aurait permis d'obtenir des séries chronologiques et des multiplicateurs économiques plus exacts, les résultats obtenus avec les données et les multiplicateurs économiques disponibles offrent des estimations fiables quant à l'ampleur des divers impacts économiques associés aux scénarios de déversement.
- 2) Connaissance des zones de fermeture - la connaissance de l'étendue des zones de fermeture aurait permis à l'analyse économique d'être plus précise. Cela aurait permis d'améliorer l'exactitude des résultats et de diminuer l'incertitude quant à l'ampleur de l'impact économique. Afin de faire face à cette contrainte, un éventail de zones de fermeture et de périodes de temps a été utilisé.
- 3) Portée — Cette étude s'est penchée uniquement sur l'impact économique des pertes de débarquements de crabes des neiges ainsi que des pertes dans le secteur de la transformation et dans les marchés d'exportation. D'autres impacts économiques pouvant résulter d'un déversement important de BPC n'ont pas été abordés dans le cadre de cette analyse (voir section 4.3). Les estimations présentées dans ce document peuvent donc être considérées comme des valeurs minimales. Il est toutefois raisonnable de penser que l'impact économique dans les pêcheries de crabes des neiges serait l'impact économique le plus important suite à un déversement important de BPC de la barge *Irving Whale*.

	Extrants/PIB	Extrants/Emplois PA	Extrants Revenu domestique
Pêcheries	1,0352	1,6046	0,9739
Produits de la transformation	1,0807	3,2268	1,0241

Source : NS Department of Economic Renewal, modèle intrants-extrants de la N.-É.

Appendix 1: NAFO Divisions and Unit Areas in the Gulf of St. Lawrence

Source: CEF and ASA



**Appendix 2: Landings and Value of the Commercial Fisheries in the Gulf
in 1994**

Table A2.1: Estimated Value of Catch from Unit Areas of 4T (\$000s - 1995)

	4Tf	4Tg	4Th	4Tj	4Tk	4Tl	4Tm	4Tn	4To	4Tp	4Tq	4Tu
Cod	219	223	1	4	31	92	16	277	34	1	4	18
Redfish	1,131	-	-	-	93	-	1	19	141	1	2	11
American Plaice	598	597	15	21	78	304	89	250	90	1	21	76
Herring	56	841	1,626	14	-	2,768	1,383	4,146	17	9	7	79
Mackeral	1,237	286	45	13	-	1,235	257	384	2	-	0	98
Groundfish	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602
Pelagics	353	415	669	9	-	1,447	626	1,769	7	3	3	58
Invertabrates	18,661	34,051	13,284	9,051	22,940	29,563	13,591	22,428	1,060	4,251	7,619	1,456
Snow Crab	6,724	18,104	66	3,112	36,282	405	10,615	17,479	147	4,002	7,533	1,905
\$000s	29,580	55,120	16,307	12,826	60,025	36,415	27,180	2,103	19,509	8,869	19,509	4,318
% Total	10%	19%	6%	4%	21%	12%	9%	1%	7%	3%	7%	1%

Source: Ratios on Catch by Unit Area within Area 4T in 1991 we applied to the Value of Production 1995 supplied by DFO, Economics Section, Moncton
 May no sum due to small "other species" category



Table A2.2: Estimated Weight of Catch from Unit Areas of 4T (Tonnes)

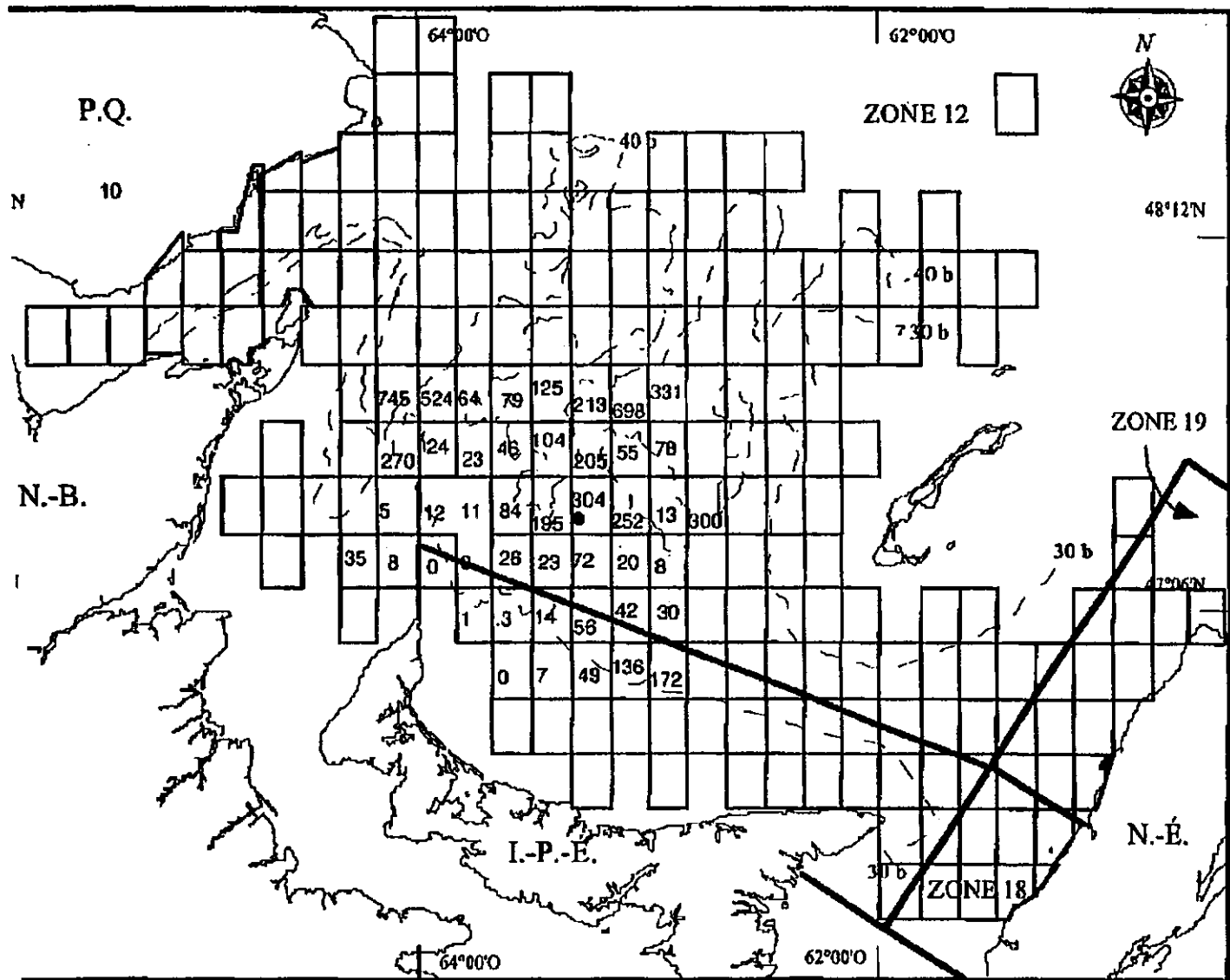
	4Tf	4Tg	4Th	4Tj	4Tk	4Tl	4Tm	4Tn	4To	4Tp	4Tq	4Tu
Cod	248	253	1	4	35	105	18	314	38	1	4	20
Redfish	4,561	-	-	-	373	-	5	76	570	3	6	44
American Plaice	655	655	17	23	86	333	98	275	99	1	23	84
Herring	419	6,328	12,231	106	-	20,824	10,403	31,194	125	65	56	592
Mackeral	3,482	805	127	37	-	3,476	725	1,080	6	-	1	277
Groundfish	737	623	33	17	88	232	48	537	119	4	26	107
Pelagics	456	536	864	12	-	1,870	808	2,287	9	4	4	74
Invertabrates	5,023	9,166	3,576	2,436	6,175	7,958	3,658	6,037	285	1,144	2,051	392
Snow Crab	1,113	2,997	11	515	6,006	67	1,757	2,893	24	662	1,247	315
Tonnes	16,694	21,363	16,859	3,151	12,762	34,864	17,521	44,693	1,279	1,884	3,421	1,906
% Total	6%	7%	6%	1%	4%	12%	6%	15%	0%	1%	1%	1%

Source: Ratios on Catch by Unit Area within Area 4T in 1991 we applied to the Weight of Catch 1995 supplied by DFO, Economics Section, Moncton

May no sum due to small "other species" category

Appendix 3: Distribution of Snow Crab Landings 1995

Source: Elmer Wade, DFO Moncton



Amount of metric tons of crab caught in 10 minute by 10 minute square

Southern Gulf of St Lawrence snow crab fishery in 1995.

FO
-
1/2

0 25 50 100 150 km

02/01/98 13:41

DFO/MPO MONCTON

0001

Appendix 4: Discussion of Economic Multipliers and Impacts

To determine economic impacts resulting from a major release of PCBs and/or oil, the change in the value of production experienced by an economic use of Gulf fisheries resources is applied to an economic input-output multiplier to determine the economic impacts of the scenarios in terms of employment and regional gross domestic product. This approach accounts for all economic linkages between related industries to the fish and fish processing industries. It therefore provides a total picture of the economic impact due to changes in the level of production in an economy. To focus the analysis on the change in fisheries or fish processing alone would ignore the impacts other industries would experience as a result of a change in production in fisheries and processing.

Given time constraints, multipliers from the Nova Scotia input-output model were obtained for the fish and fish processing sectors. Multipliers are used to trace out three impacts:

Direct: these are changes in the level of production due to changes in direct payments to factors used as inputs in the effected economic activity or project;

Indirect: these are changes in the level of production in an economy due to increased spending in an economy resulting from a decrease in the level of production in the effected

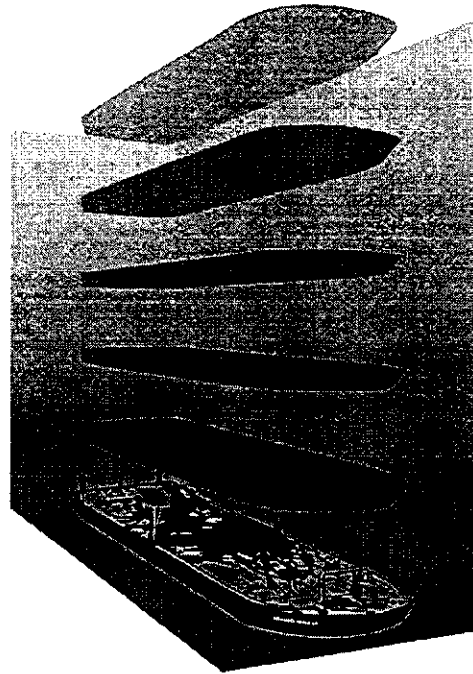
Induced: these are changes in the level of activity in an economy due to changes in household spending resulting from a project

The following multipliers were used:

	Output/ GDP	Output/Jobs PY	Output/ Household Income
Fisheries	1.0352	1.6046	0.9739
Fish Products	1.0807	3.2268	1.0241

Source: NS Department of Economic Renewal, NS Input-Output Model

ANNEXE E



**LETTER TO CANADIAN COAST GUARD,
ATLANTIC TOWING LTD., DECEMBER 8, 1994**

**LETTER TO NOVA SCOTIA ENVIRONMENT,
ATLANTIC TOWING LTD., AUGUST 15, 1995**

**MEMORANDUM - IRVING WHALE DISPOSAL
OF SPECIFIED WASTE,
NOVA SCOTIA DEPARTMENT OF THE
ENVIRONMENT, FEBRUARY 22, 1996**

ATLANTIC TOWING LIMITED

HARBOUR, COASTAL, RIVER AND DEEP SEA TOWING

TELEPHONE: 506-648-2750
TELECOPIER: 506-648-2752
TELEX: 014-47518

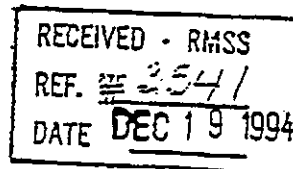
300 UNION STREET

P.O. BOX 5777

SAINT JOHN, N.B., CANADA E2L 4M3

December 8, 1994

Mr. W. Scott
Regional Manager
Canadian Coast Guard
Ship Safety
P.O. Box 1013
Dartmouth, NS
B2Y 4K2



Dear Mr. Scott:

Thank you for your letter of November 21 regarding the Irving Whale. After reviewing the contents and discussing the matters with Mr. Irving, I am pleased to respond on behalf of the Irving organization. As you are aware, ATL would like to assist in whatever way possible with the project.

As we discussed, ATL is also prepared to arrange through the organization for the provision of backup emergency response equipment to the contractors response organization. This would include the provision of the equipment and associated personnel as described in Attachment A. This response equipment would be made available for the period from the start of the operation until the barge was delivered safely to Halifax Shipyard.

ATL will also arrange for the Halifax Shipyard to receive the barge from the semi-submersible vessel into its drydock. Once safely in the Shipyard, the cargo on the barge would be heated and removed and we anticipate it would then be moved to Saint John to be re-refined. The barge would then be cleaned and an evaluation undertaken as to its disposal.

I trust that this confirms the substance of our plan for the most efficient means of assisting the Coast Guard. On the understanding that the Irving organization will dispose of the cargo and the barge in a manner acceptable to the federal and provincial governments and in the best interests of the environment in general, ATL would ask that the Minister of Transport refrain from exercising his power of sale option.

...../2

CMS

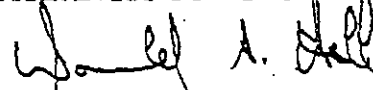
Canadian Coast Guard
Re: Irving Whale

Page 2

Please let me know if this proposal is acceptable to you. If there are any questions or comments we would be pleased to discuss the matter in more detail at your convenience.

Yours truly,

ATLANTIC TOWING LTD.


D.A. Hall
Vice President

DAH:jm

cc: J.K. Irving
A.L. Irving
Kenneth Irving..

ATLANTIC TOWING LIMITED

HARBOUR, COASTAL, RIVER AND DEEP SEA TOWING

TELEPHONE: 506-648-2750
TELECOPIER: 506-648-2752
TELEX: 014-47518

300 UNION STREET

P.O. BOX 5777

SAINT JOHN, N.B., CANADA E2L 4M3

August 15, 1995

Nova Scotia Environment
5151 Terminal Road
P.O. Box 2017
Halifax, Nova Scotia
B3J 3B7

Attention: John Henderson

Dear John:

As per our meeting of August 09, 1995, I would like to outline the activities that we anticipated taking place when the Irving Whale is docked at Halifax Shipyard. As we discussed, the details of these activities will be generated as more current information is received from Coast Guard Canada when the barge is raised and transported to Halifax.

It is our intention when the barge is "high and dry", and after an inspection of the barge, to dewater the Whale. It is assumed that some non contaminated water will still be on board the Whale when we receive it.

The next step will be to remove the PCB's and PCB contaminated wastes. This will primarily involve the pump room and boiler room at the stern end of the barge. Based on our information to date, it is our intention to only drain the heating coils of the Whale until the bunker cargo is removed. After the bunker is removed, it is our intention to solvent rinse the lines.

At the present time, it is our intention to use portable steam coils to heat the oil and transfer it to either another barge or to land based tankage.

The following is a list of anticipated byproducts of the aforementioned activities and our suggested means of disposal. It is our intention to abide by our agreement with

Coast Guard Canada to "dispose of the cargo and the barge in a manner acceptable to the federal and provincial governments and in the best interests of the environment in general".

1. Water which is non-detectable for the presence of PCB's will be discharged as appropriate.
2. Bunker which is below acceptable PCB limits will be returned to the refinery or sold, as is appropriate.
3. Bunker/water mixtures are expected to be returned to the refinery.
4. PCB/water mixtures will be passed through a treatment process as described in the attached literature.
5. PCB liquid, PCB/bunker, other PCB contaminated material should be put into 45 gallon drums and placed in an "ecopac" type of container and transported to the ChemSecurity facility in Swan Hills, Alberta for appropriate disposal. At this point in time, this is the only facility available to accept this material.
6. Asbestos related wastes as may be found will be bagged and dealt with as per provincial guidelines.
7. Lead paint, should it be present, will be dealt with following normal shipyard procedures and provincial guidelines.
8. Metal with surface contamination less than the NSDOE Standard will be sent to a licensed metal recycler.

A sampling program will be developed which will complement the anticipated Environment Canada program to be conducted while the Whale is in transit to Halifax. This sampling program will ensure that all materials collected are analyzed before leaving for their final disposal.

I hope that this very overview will satisfy your immediate concerns until more detailed procedures can be prepared with the benefit of more information to be

collected between now and the arrival of the barge in Halifax. If I can be of any further assistance please do not hesitate to contact me.

Yours very truly,

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Bill Borland', with a long horizontal flourish extending to the right.

William J. Borland
Director, Environmental Affairs
Atlantic Towing Limited





Memorandum TO _____

FILE NO. _____

TO: John Henderson, P.Eng.

FEB 29 1996

FROM: Brent Baxter, P.Eng. *JB*

DATE: February 22, 1996

DOCUMENT NO. 962048RE: Irving Whale - Disposal of Specified Wastes

I reviewed your letter from Bill Borland, Irving (dated August 15, 1995) on disposal of wastes from the Irving Whale. I will address each waste product in the same order given in Mr. Borland's letter:

1. waste - water which is non-detectable for PCBs

- disposal
- question remains about what is their detection limit (method dependent)
 - discharge limit relative to point of discharge (marine, fresh water, municipal)

2. waste - bunker below acceptable PCB limits

- disposal
- PCB > 50 ppm is waste dangerous goods and strictly controlled
 - 5 ppm < PCB < 50 ppm is contaminated used oil and requires specific approval for treatment or disposal
 - PCB < 5 ppm may be returned to refinery or sold

3. waste - bunker/water mixture

- disposal
- return to refinery or sold

4. waste - PCB/water mixtures

- disposal
- proponent proposes to pass this material through a treatment process; the treatment will require specific approval



5. waste - materials with PCB > 50 ppm

disposal - proponent proposes to send material to Swan Hills;
this is acceptable but a specific approval must be given

6. waste - asbestos

disposal - bag and landfill in accordance with Asbestos Waste
Management Regulations

7. waste - lead paint

disposal - if sandblasting is used as removal method, proponent
must follow "Environmental Protection Guidelines for
the Application and Removal of Structural Steel
Protective Coatings"

8. waste - uncontaminated scrap metal

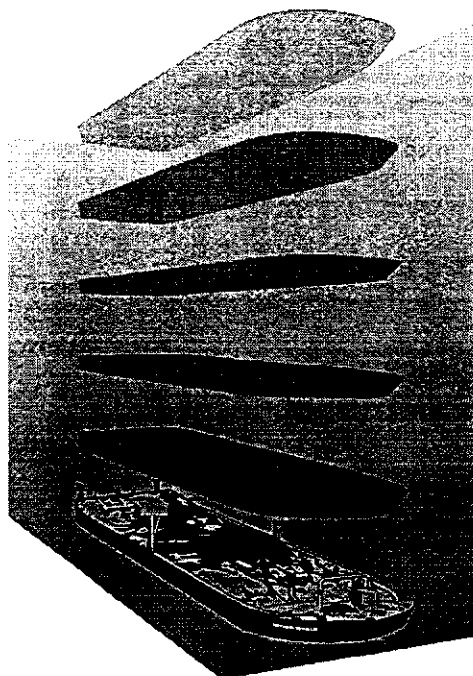
disposal - proponent may send this material to a scrap dealer

Some question remains regarding the sampling program. This will be dependent on the material in question, its distribution and possibly its rate of generation. To reduce analytical costs, it may be practical to use a screening analysis such as immunoassay in conjunction with periodic laboratory analysis to maintain quality control.

/sj

cc: E. Theriault

ANNEXE F



**CLIMATOLOGIE DES VENTS
ET DE L'ÉTAT DE LA MER:
DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ATMOSPHERIQUE,
ENVIRONNEMENT CANADA, JANVIER
1996**



BARGE IRVING WHALE

CLIMATOLOGIE DES VENTS ET DE L'ÉTAT DE LA MER

le 24 janvier 1996

Direction de l'Environnement atmosphérique
Environnement Canada
1496 Bedford Highway
Bedford, Nouvelle Écosse
B4A 1E5

RÉSUMÉ

Des analyses de données climatologiques des Îles de la Madeleine et d'une bouée météorologique située près de la barge Irving Whale indiquent qu'il y a possibilité d'une "fenêtre météorologique" donnant des conditions météorologiques appropriées pour les opérations de récupération. Pour assurer la sûreté des opérations, on devra se baser sur les conditions météorologiques actuelles et sur des prévisions détaillées afin de choisir les dates exactes pour mener à bien les opérations de récupération.

Les données des Îles de la Madeleine sont plus représentatives pour le site de récupération proposé. Par conséquent, des moyennes mensuelles ainsi que les conditions climatologiques extrêmes sont déterminés en se basant sur une période de dix ans (1984-93) de ces données. Les valeurs obtenues sont comparées avec des données datant de juin à septembre 1995. Le nombre de fenêtres météorologiques est déterminé en utilisant les données obtenues des Îles de la Madeleine.

Voici les résultats des analyses mentionnées ci-dessus:

- Les moyennes sur une période de dix ans de la vitesse du vent aux Îles de la Madeleine indiquent que la période de juin à août offre les conditions météorologiques optimales.
- La vitesse des vents de juin à septembre 1995 était comparable aux moyennes pour la période des dix ans.
- Basées sur les données de la bouée météorologique pour l'année 1995, les analyses de fréquence des fenêtres météorologiques de 12, 24, 36, 48 et 72 heures avec des vents de vitesse en dedans des limites ≤ 10 , 15 et 20 noeuds et des vagues de hauteurs significatives de $\leq 0,5$, 1,0, 1,5 et 2,0 mètres indiquent les faits suivants:
 - la fréquence des fenêtres météorologiques augmente considérablement en fonction de la vitesse des vents et de la hauteur des vagues
 - la fréquence des fenêtres météorologiques diminue rapidement pour les périodes de plus 12 heures, surtout pour les situations de vents faibles et de vagues peu développées
 - en 1995, juin était le mois donnant les meilleures conditions météorologiques suivit de près par juillet
 - en 1995, le mois d'août donnait lieu à beaucoup moins de fenêtres météorologiques que les mois de juin et juillet
 - en 1995, les mois d'août et de septembre étaient semblables en ce qui concerne les vents et les vagues
- Les analyses de fréquence des fenêtres météorologiques de 12, 24, 36, 48 et 72 heures avec des vents de vitesse en dedans des limites ≤ 10 , 15 et 20 noeuds basées sur les données des Îles de la Madeleine indiquent les faits suivants:

- la fréquence des fenêtres météorologiques augmente considérablement en fonction de la vitesse du vent
- la fréquence des fenêtres météorologiques diminue rapidement pour les périodes de plus 12 heures, surtout pour les situations de vents faibles
- la fréquence des fenêtres météorologiques est plus favorable durant juillet et août, suivit par le mois de juin

1.0 Introduction

Le but de ce rapport est de fournir des analyses climatologiques de la vitesse du vent et de l'état de la mer pour le site du naufrage de la barge Irving Whale et ses environs. En se basant sur des mesures historiques, des périodes de temps spécifiques, donnant des conditions de vents relativement calmes et de vagues peu développées, sont identifiées et leur fréquence est déterminée. Ces renseignements sont essentiels aux préparatifs des opérations de sauvetage en indiquant la probabilité de conditions météorologiques optimales pour mener à bien les opérations de récupération.

En préparation pour la récupération de la barge Irving Whale, Environnement Canada (EC) a placé une bouée météorologique au site de renflouage en 1994 pour maintenir une veille des conditions météorologiques et de l'état de la mer. Les rapports horaires de cette bouée comprennent la mesure de la vitesse du vent, de la pression barométrique, de la température de l'air ainsi que la température de la surface de la mer. En plus, la bouée est équipée d'un accéléromètre pour mesurer la hauteur significative des vagues ainsi que la hauteur maximale et la période des vagues.

Environnement Canada a préparé un rapport préliminaire en 1994 comprenant des renseignements des Îles de la Madeleine, des analyses météorologiques et de l'état de la mer d'après des atlas climatologiques divers ainsi qu'une quantité limitée de données provenant de la bouée météorologique spécialement déployée. Des renseignements historiques concernant la vitesse du vent et l'état de la mer ont été ramassés pour le site de renflouage et ses environs ainsi que pour la route proposée pour le trajet de la barge vers Halifax. Ce rapport ainsi que des analyses subséquentes furent utilisés par Environnement Canada et la Garde Côtière Canadienne (GCC) en 1995 pour aider à déterminer le meilleur temps pour mener les opérations de récupération tout en minimisant les risques dus aux conditions météorologiques. On a déterminé que la fenêtre météorologique optimale comprenait les mois de juin à août inclusivement; c'est-à-dire, une période durant laquelle les vents et l'état de la mer sont relativement calme à comparer au restant de l'année.

La station météorologique des Îles de la Madeleine est la station à long-terme la plus près du site du naufrage de la barge Irving Whale. Les données de cette station sont considérées comme étant représentatives du site de renflouage. Des moyennes mensuelles ainsi que les conditions climatiques extrêmes sont déterminées sur une période de dix ans (1984-93) en utilisant ces données. Les résultats sont présentés dans ce rapport. Les valeurs obtenues des différents calculs sont comparées aux données recueillies durant la période de juin à septembre 1995. En plus, les données obtenues de la bouée sont analysées pour déterminer le nombre d'événements rencontrant les critères établis pour la vitesse du vent, la hauteur des vagues et la durée de ces conditions. Pour des renseignements additionnels, des critères identiques concernant la vitesse du vent et la durée sont établis et le nombre d'événements est déterminé à partir des données de la station des Îles de la Madeleine pour la période de juin à septembre 1968-94.

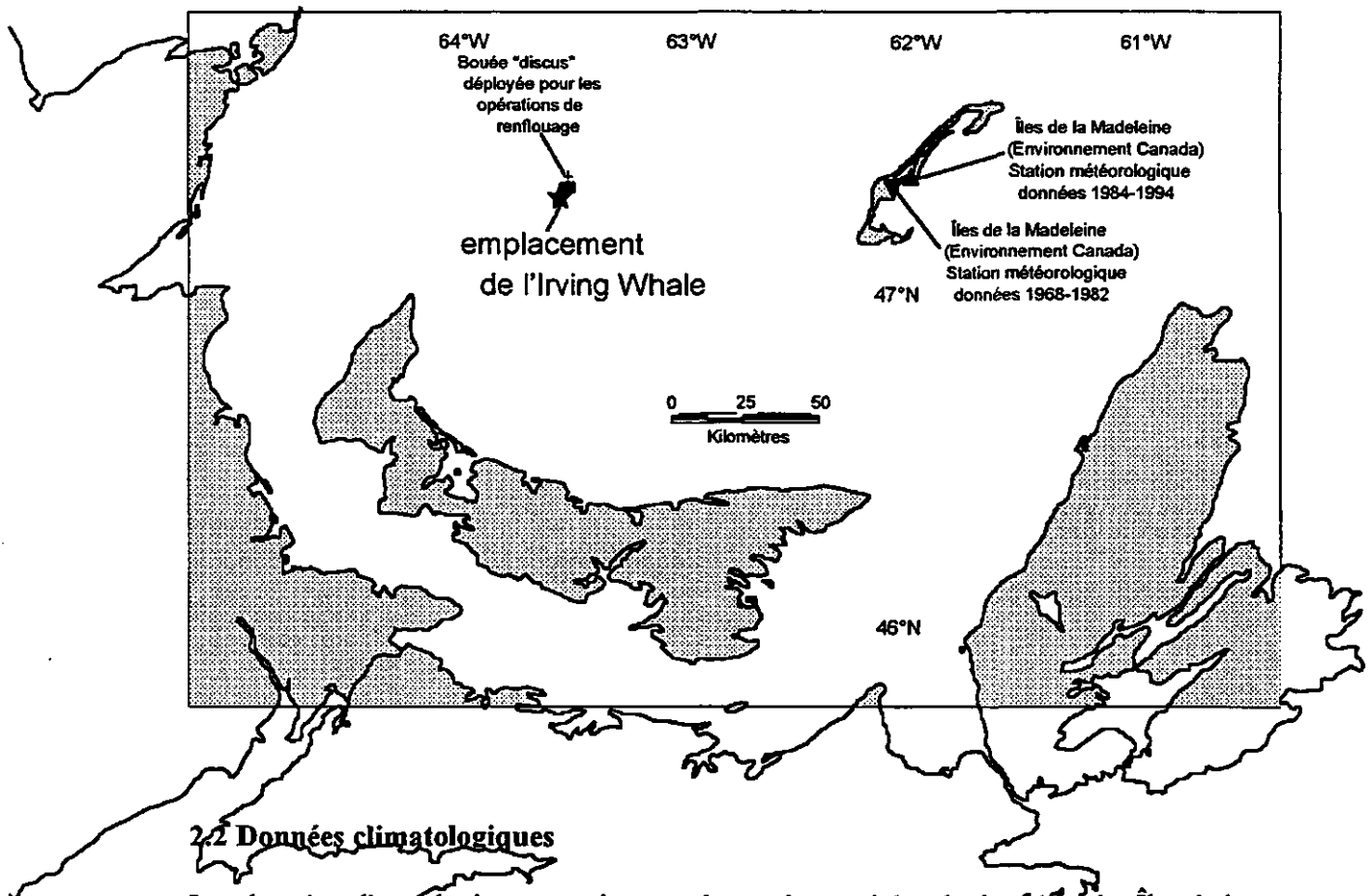
2.0 Sélection des événements

Des détails sur l'emplacement de la barge immergée et des stations météorologiques sont présentés dans cette section. Les données climatologiques et les techniques d'analyse sont décrites ainsi que les critères utilisés et les résultats obtenus.

2.1 Emplacement de la barge << Irving Whale >>

Figure 1 montre l'emplacement de la barge immergée, de la bouée météorologique située à peu près d'un kilomètre au nord-ouest de la barge ainsi que des stations météorologiques sur les Îles de la Madeleine. De 1968 à 1982 l'élévation à partir du niveau de la mer de la station terrestre était de 60 mètres. Cette station fut déménagée en 1983 à un nouvel emplacement, celui-ci étant 9 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Figure 1: Emplacement des stations météorologiques et de la barge immergée dans le Golfe du St-Laurent (1995).



2.2 Données climatologiques

Les données climatologiques proviennent des stations météorologiques sur les Îles de la Madeleine et de la bouée météorologique située près du site de l'Irving Whale. En plus des différences évidentes entre les paramètres mesurés par des stations terrestres et par des bouées en mer, par exemple l'état de la mer, les techniques utilisées pour mesurer la

vitesse du vent différent aussi substantiellement. Une description de chaque méthode suit ci-dessous, en plus des détails concernant la sélection des périodes de temps pour les opérations de renflouage.

2.2.1 Données des Îles de la Madeleine

La vitesse du vent aux stations terrestres est mesurée avec un anémomètre installé à dix mètres du sol. Cette hauteur pour l'anémomètre est la norme choisie par l'Organisation Météorologique Mondiale.

Les analyses suivantes négligent les données de la vitesse du vent d'avant 1968 pour les Îles de la Madeleine dû à un changement en instrumentation à cette station durant le mois de mars de cette année. Un instrument qui mesurait la vitesse du vent toutes les heures fut remplacé par un autre qui enregistre la vitesse instantanée du vent sur un ruban de papier. L'observateur calcule une vitesse moyenne du vent en prenant la moyenne des valeurs enregistrées pour les deux minutes qui précèdent immédiatement l'heure. Les rafales sont obtenues en prenant la plus haute des valeurs enregistrées durant les dix minutes qui précèdent l'heure.

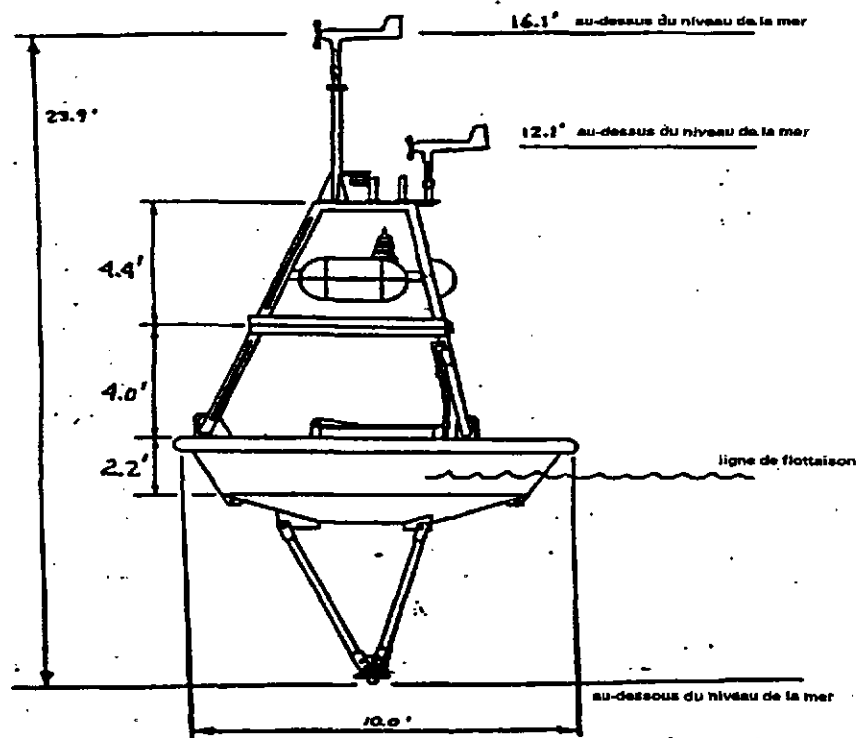
Les valeurs horaires de la vitesse du vent et la valeur maximale des rafales pour la journée sont archivées par le Service de l'Environnement Atmosphérique. Ces données ont été utilisées pour les analyses qui suivent.

Comme le laisse voir la Figure 1, la station météorologique terrestre fut déménagée en 1983. Vue qu'il manque plusieurs valeurs de la vitesse du vent pour cette année, les analyses ne prennent pas compte des données pour 1983. Pour prendre compte du fait que les vents ont été mesurés à une plus basse élévation après 1983, un facteur de correction de 0,88 est appliqué à la série de données des années 1968-82 réduisant ces valeurs à des mesures équivalentes d'une élévation de 9 mètres (Factors for Adjustment of Wind Speed over Water to a 10 Metre Height; Bedford Institute of Oceanography Report Series 397, March 1981; S.D. Smith). Il demeure quand même des divergences significatives entre les deux séries de données comme il sera démontré plus tard dans ce rapport.

2.2.2 Données de la bouée au site de l'Irving Whale

La hauteur de l'anémomètre principal monté sur une bouée météorologique de type "discus" de 3 mètres est de près de 5 mètres (16 pieds) au dessus du niveau de la mer (voir Figure 2). Comme cet anémomètre est beaucoup plus bas que celui à une station terrestre ainsi que celui monté sur un bateau, les valeurs de la vitesse du vent à partir de bouées météorologiques ont tendances à être inférieures aux valeurs en provenance des stations terrestres ou des bateaux. En général, la vitesse du vent augmente en fonction de la hauteur au dessus du sol même si les variations journalières dépendent de plusieurs facteurs.

Figure 2: Bouée météorologique "Discus" d'Environnement Canada



La vitesse du vent enregistrée par une bouée météorologique est une moyenne vectorielle sur une période de dix minutes. La vitesse maximale du vent est la valeur la plus élevée durant ces dix minutes.

Les vagues enregistrées chaque heure par la bouée sont basées sur des données échantillonnées sur une période de 37 minutes. La hauteur significative des vagues (la hauteur moyenne du tiers des plus hautes vagues) et la hauteur maximale des vagues sont calculées à partir de ces données. Une période de lancement de deux minutes pour initialiser les détecteurs est suivie d'une période de couplage de 256 secondes. Les données sont alors traitées par la méthode de transformation rapide de Fourier pour obtenir la hauteur des vagues à partir de la mesure de l'énergie spectrale; Ce processus est répété sept fois. Les valeurs finales de la hauteur de la vague significative et de la vague maximale sont calculées à partir de ces huit mesures.

Les données enregistrées par cette bouée pour l'été de 1995 proviennent des archives digitales du Centre Météorologique des Maritimes.

2.3 Analyses climatologiques

Les données de la vitesse du vent pour la période 1984-93 aux Îles de la Madeleine sont utilisées pour calculer les moyennes mensuelles de la vitesse du vent ainsi que pour déterminer la vitesse de la rafale maximale pour chaque mois. Les valeurs ainsi obtenues sont comparées aux mesures de la vitesse du vent enregistrées durant l'été de 1995.

En se basant sur les critères choisis pour la vitesse du vent, la hauteur des vagues ainsi que la durée, la fréquence des fenêtres météorologiques de différentes durées est déterminé en utilisant les données de la bouée pour l'année 1995. Les mêmes critères sont utilisés pour le calcul du nombre d'événements à partir des données des Îles de la Madeleine pour les périodes de 1968-82 et 1984-94.

Les critères et les résultats sont présentés dans les sections suivantes.

2.3.1 Moyennes et valeurs extrêmes pour les données des Îles de la Madeleine pour la période 1984-93 comparées aux données pour l'année 1995

Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent sont calculées pour les Îles de la Madeleine à partir de la vitesse horaire du vent mesurée à cette station durant la période 1984-93. Les rafales extrêmes sont obtenues pour chaque mois à partir des valeurs des pointes de vent quotidiennes trouvées dans les archives. Les résultats sont présentés dans le tableau 1 avec les températures moyennes mensuelles calculées pour la même période. La Figure 3 est une représentation graphique des moyennes mensuelles de la vitesse du vent ainsi que de la rafale extrême telles que présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Moyennes mensuelles de la vitesse du vent, rafale extrême et des moyennes des températures pour les Îles de la Madeleine (1984-93)

	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aoû	sep	oct	nov	déc
vitesse (noeuds)												
moyenne horaire	15	12	13	11	11	10	10	10	11	12	15	15
mne. rafale inst.	59	52	52	46	43	42	38	39	44	48	56	57
rafale extrême	70	68	67	57	51	47	44	51	53	54	62	70
température (C)												
mne. quot. mne.	-7,2	-9	-5,1	1	6,8	12,1	16,5	17,8	13,5	8,2	2,5	-3
mne. quot. max.	-3,8	-4,9	-1,8	3,8	10,4	15,5	19,9	21	16,5	10,9	5	-0,4
mne. quot. min.	-10,8	-13,2	-8,6	-1,8	3,2	8,6	13,2	14,7	10,5	5,4	0	-5,8

mne. Rafale inst. => vitesse moyenne de la rafale de pointe instantanée

mne. Quot. Mne. => moyenne quotidienne moyenne

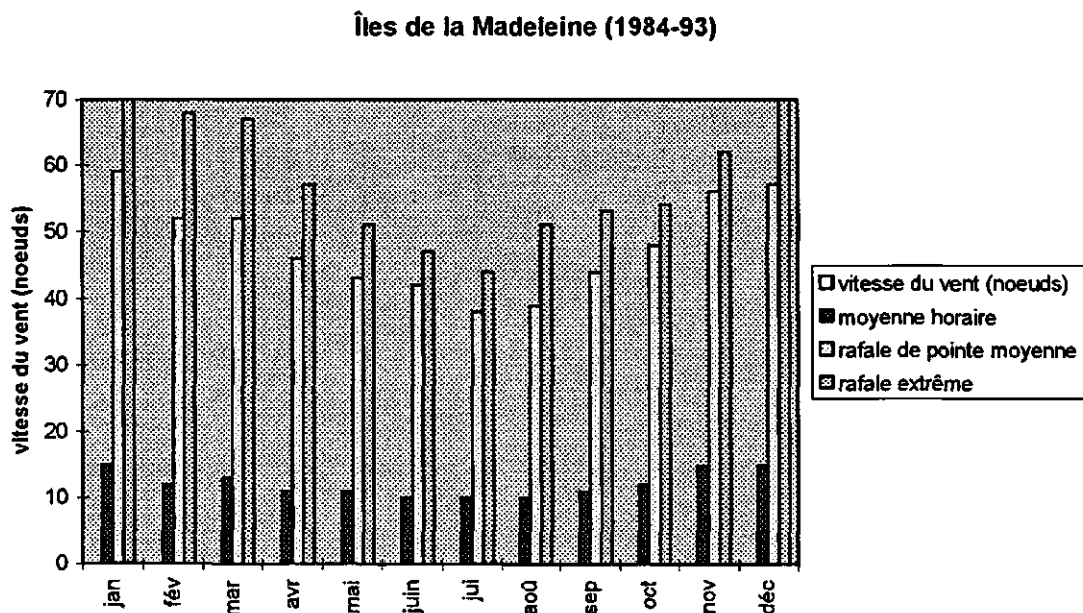
mne. Quot. Max. => moyenne quotidienne maximale

mne. Quot. Min. => moyenne quotidienne minimale

Il est évident d'après le Tableau 1 et la Figure 3 que les vents les plus calmes se produisent durant les mois de juin, juillet et août. La vitesse du vent en plein hiver est de près de 50% plus élevée en moyenne que la vitesse du vent en plein été.

La moyenne des coups de vent extrême durant la période de dix ans est déterminée pour chaque mois. Le Tableau 1 et la Figure 3 montre que ces moyennes sont plus basses en juillet et août et dépassent 40 noeuds durant les autres mois avec les plus hautes valeurs durant l'hiver. Les coups de vent extrêmes maximaux laissent voir la même tendance avec les plus basses valeurs se produisant durant les mois de juin et juillet.

Figure 3: Vitesse horaire moyenne du vent, moyenne du vent de pointe instantané et vitesse extrême de rafale en noeuds aux Îles de la Madeleine pour la période 1984-93.



Les vitesses du vent enregistrées de juin à septembre 1995 sont comparées avec la moyenne des vitesses du vent et la vitesse extrême des rafales pour la période 1984-93 (voir le Tableau 2).

Tableau 2:

	juin	juillet	août	septembre
1995 vitesse horaire moyenne (noeuds)	10	10	11	11
1984-93 vitesse horaire moyenne (noeuds)	10	10	10	11
1995 vent horaire extrême (noeuds)	25	22	34	40
1984-93 rafale extrême moyenne (noeuds)	42	38	39	44
1984-93 rafale extrême (noeuds)	47	44	51	53

Le Tableau 2 indique que les vents moyens mensuels de juin à la fin septembre 1995 étaient semblables à la moyenne pour dix ans. Les vitesses extrêmes de rafale durant l'été de 1995 sont plus basses que les moyennes mensuelles des rafales extrêmes pour la période de dix ans ainsi que pour les valeurs maximales enregistrées chaque mois. Ces résultats indiquent que la vitesse des vents durant l'été de 1995 étaient près de la moyenne.

2.3.2 Fenêtres Météorologiques durant 1995 selon les données de la bouée météorologique

La vitesse du vent et la hauteur des vagues mesurées par la bouée située à l'emplacement de l'Irving Whale sont analysées pour chaque mois. Ces analyses sont basées sur la vitesse horaire maximale enregistrée par la bouée plutôt que sur la vitesse horaire moyenne vue que la première est tenue par les prévisionnistes comme étant plus caractéristique du vent agissant sur les vagues. La hauteur significative des vagues, définie comme la moyenne du tiers des plus hautes vagues, est utilisée pour effectuer l'analyse des vagues.

Une fenêtre météorologique est définie par des valeurs spécifiques pour la vitesse des vents, la hauteur des vagues ainsi que la durée de ces valeurs. Les limites des différents paramètres sont les suivantes:

- vitesse horaire maximale du vent (rafales) de moins de, ou égale à 10, 15 et 20 noeuds
- hauteur significative horaire des vagues de moins de, ou égale à 0, 5 / 1,0 / 1,5 et 2,0 mètres
- durées de ces différentes conditions pour 12, 24, 36, 48 et 72 heures

Les événements rencontrant les critères ci-dessus sont calculés pour les mois de juin, juillet, août et septembre 1995. Les résultats sont présentés dans les Tableaux 3 à 6 ci-dessous.

Tableau 3: données de la bouée au site de l'Irving Whale

juin-95

Vitesse horaire maximale du vent (noeuds)	Durée (heures)	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres
10	12	0,5	12	1,0	16	1,5	17	2,0	17
	24	0,5	3	1,0	4	1,5	4	2,0	4
	36	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	48	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	72	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
15	12	0,5	27	1,0	36	1,5	38	2,0	38
	24	0,5	10	1,0	17	1,5	18	2,0	18
	36	0,5	5	1,0	8	1,5	9	2,0	9
	48	0,5	3	1,0	6	1,5	6	2,0	6
	72	0,5	0	1,0	2	1,5	3	2,0	3
20	12	0,5	27	1,0	46	1,5	51	2,0	51
	24	0,5	10	1,0	21	1,5	23	2,0	23
	36	0,5	5	1,0	13	1,5	15	2,0	15
	48	0,5	3	1,0	9	1,5	10	2,0	10
	72	0,5	0	1,0	5	1,5	6	2,0	6

Tableau 4: données de la bouée au site de l'Irving Whale

juli-95

Vitesse horaire maximale du vent (noeuds)	Durée (heures)	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres
10	12	0,5	9	1,0	10	1,5	10	2,0	10
	24	0,5	2	1,0	2	1,5	2	2,0	2
	36	0,5	2	1,0	2	1,5	2	2,0	2
	48	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	72	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
15	12	0,5	21	1,0	32	1,5	37	2,0	37
	24	0,5	8	1,0	13	1,5	15	2,0	15
	36	0,5	3	1,0	7	1,5	7	2,0	7
	48	0,5	2	1,0	4	1,5	4	2,0	4
	72	0,5	1	1,0	1	1,5	1	2,0	1
20	12	0,5	21	1,0	44	1,5	50	2,0	50
	24	0,5	8	1,0	20	1,5	21	2,0	21
	36	0,5	3	1,0	13	1,5	15	2,0	15
	48	0,5	2	1,0	9	1,5	9	2,0	9
	72	0,5	1	1,0	5	1,5	5	2,0	5

Tableau 5: données de la bouée au site de l'Irving Whale

août-95

Vitesse horaire maximale du vent (noeuds)	Durée (heures)	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres
10	12	0,5	3	1,0	5	1,5	6	2,0	6
	24	0,5	1	1,0	1	1,5	1	2,0	1
	36	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	48	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	72	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
15	12	0,5	8	1,0	19	1,5	21	2,0	23
	24	0,5	3	1,0	6	1,5	6	2,0	7
	36	0,5	2	1,0	2	1,5	2	2,0	2
	48	0,5	1	1,0	2	1,5	2	2,0	2
	72	0,5	0	1,0	1	1,5	1	2,0	1
20	12	0,5	8	1,0	26	1,5	35	2,0	37
	24	0,5	3	1,0	9	1,5	15	2,0	16
	36	0,5	2	1,0	4	1,5	6	2,0	6
	48	0,5	1	1,0	2	1,5	3	2,0	3
	72	0,5	0	1,0	1	1,5	1	2,0	1

Tableau 6: données de la bouée au site l'Irving Whale

sept-95

Vitesse horaire maximale du vent (noeuds)	Durée (heures)	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres	Hauteur significative horaire des vagues (mètres)	nombre de fenêtres
10	12	0,5	5	1,0	5	1,5	5	2,0	5
	24	0,5	1	1,0	1	1,5	1	2,0	1
	36	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	48	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
	72	0,5	0	1,0	0	1,5	0	2,0	0
15	12	0,5	11	1,0	24	1,5	25	2,0	26
	24	0,5	4	1,0	10	1,5	10	2,0	10
	36	0,5	3	1,0	6	1,5	6	2,0	6
	48	0,5	1	1,0	2	1,5	2	2,0	2
	72	0,5	0	1,0	2	1,5	2	2,0	2
20	12	0,5	12	1,0	29	1,5	32	2,0	34
	24	0,5	4	1,0	13	1,5	13	2,0	14
	36	0,5	3	1,0	8	1,5	8	2,0	9
	48	0,5	1	1,0	5	1,5	5	2,0	6
	72	0,5	0	1,0	3	1,5	3	2,0	3

Comme on s'y attendait, le nombre possible de fenêtres diminue si la durée de la fenêtre météorologique augmente, si les vents sont plus légers et si les vagues sont peu développées.

Les résultats montrent que les fenêtres météorologiques appropriées sont plus nombreuses durant le mois de juin 1995 suivit de près par juillet. On trouve une baisse considérable

durant le mois d'août. Durant l'année 1995 les résultats pour septembre et août sont semblables.

2.3.3 Nombres de fenêtres météorologiques selon les données des Îles de la Madeleine

La vitesse horaire moyenne du vent mesurée aux Îles de la Madeleine est analysée pour chaque mois. Comme la station météorologique fut déménagée en 1983, les résultats sont présentés pour deux périodes distinctes; 1968-82 et 1984-94 respectivement.

Les critères choisis pour ces analyses sont:

- vitesse horaire moyenne du vent de moins de, ou égale à 10, 15 et 20 noeuds
- durées de 12, 24, 36, 48 et 72 heures.

La comparaison des résultats est possible vue que les limites ci-dessus sont compatibles avec celles choisis pour les analyses des données de la bouée au site de l'Irving Whale.

Le nombre moyen de fenêtres météorologiques satisfaisant les critères ci-dessus est calculé pour les mois de juin, août et septembre; les résultats sont présentés dans les Tableaux 7, 8 et 9. Ces résultats sont présentés graphiquement dans les Figures 4, 5 et 6; dans ces Figures, la section 'a' correspond aux données de 1968-82 tandis que la section 'b' s'adresse aux données de 1984-94.

Tableau 7: données des Îles de la Madeleine

Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 10 noeuds.

1968-82 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	10 (60)	2 (30)	1 (20)	0 (15)	0 (10)
juillet	11 (62)	2 (31)	1 (20,7)	0 (15,5)	0 (10,3)
août	12 (62)	3 (31)	1 (20,7)	1 (15,5)	0 (10,3)
septembre	10 (60)	2 (30)	1 (20)	0 (15)	0 (10)
1984-94 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	15 (60)	4 (30)	1 (20)	0 (15)	0 (10)
juillet	15 (62)	4 (31)	2 (20,7)	1 (15,5)	0 (10,3)
août	17 (62)	4 (31)	2 (20,7)	1 (15,5)	0 (10,3)
septembre	13 (60)	3 (30)	1 (20)	1 (15)	0 (10)

(à noter: le nombre maximal possible de fenêtres est entre parenthèses.)

Tableau 8: données des Îles de la Madeleine

Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 15 noeuds.

1968-82 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	26 (60)	10 (30)	5 (20)	3 (15)	1 (10)
juillet	29 (62)	11 (31)	5 (20,7)	4 (15,5)	1 (10,3)
août	29 (62)	11 (31)	5 (20,7)	2 (15,5)	1 (10,3)
septembre	25 (60)	9 (30)	5 (20)	3 (15)	1 (10)
1984-94 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	37 (60)	15 (30)	8 (20)	6 (15)	2 (10)
juillet	41 (62)	17 (31)	10 (20,7)	6 (15,5)	3 (10,3)
août	42 (62)	18 (31)	10 (20,7)	7 (15,5)	3 (10,3)
septembre	33 (60)	13 (30)	7 (20)	4 (15)	2 (10)

(à noter: le nombre maximal possible de fenêtres est entre parenthèses.)

Tableau 9: données des Îles de la Madeleine

Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 20 noeuds.

1968-82 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	44 (60)	19 (30)	11 (20)	7 (15)	4 (10)
juillet	49 (62)	22 (31)	13 (20,7)	9 (15,5)	5 (10,3)
août	49 (62)	22 (31)	13 (20,7)	9 (15,5)	4 (10,3)
septembre	43 (60)	19 (30)	11 (20)	7 (15)	4 (10)
1984-94 MOIS	DURÉE (heures)				
	12	24	36	48	72
juin	55 (60)	26 (30)	17 (20)	12 (15)	7 (10)
juillet	59 (62)	28 (31)	19 (20,7)	13 (15,5)	9 (10,3)
août	57 (62)	28 (31)	18 (20,7)	13 (15,5)	8 (10,3)
septembre	52 (60)	24 (30)	15 (20)	11 (15)	7 (10)

(à noter: le nombre maximal possible de fenêtres est entre parenthèses.)

Figure 4a: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 10 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1968-82 des Îles de la Madeleine.

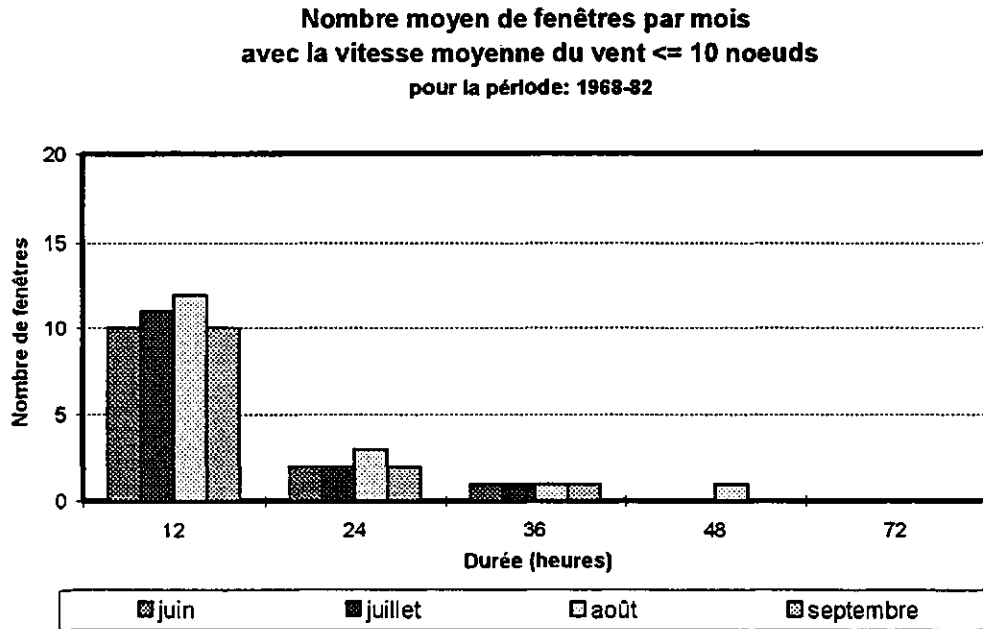


Figure 4b: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 10 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1984-94 des Îles de la Madeleine.

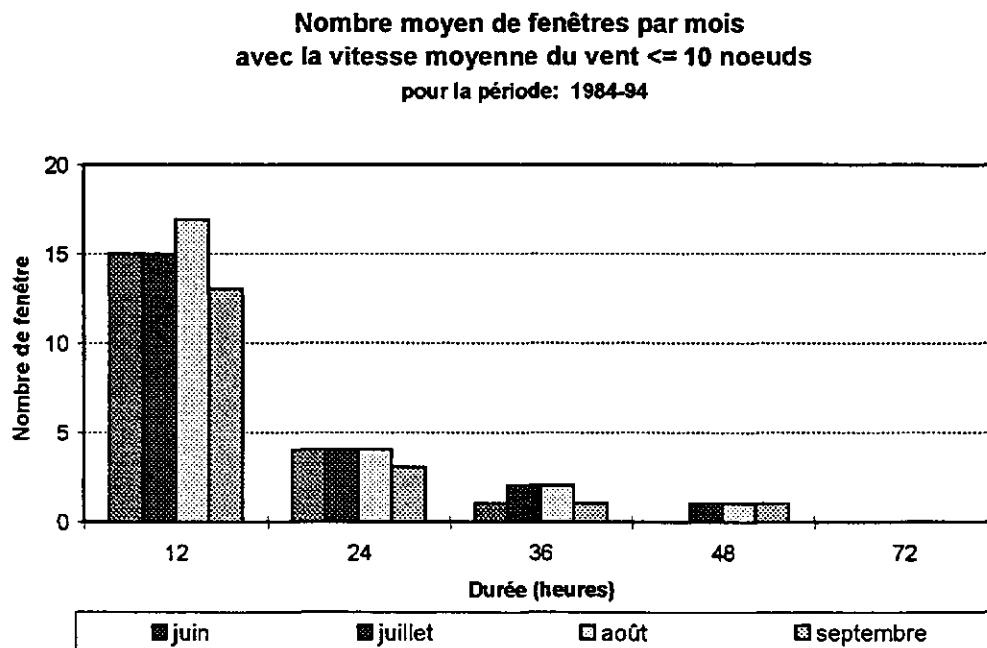


Figure 5a: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 15 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1968-82 des Îles de la Madeleine.

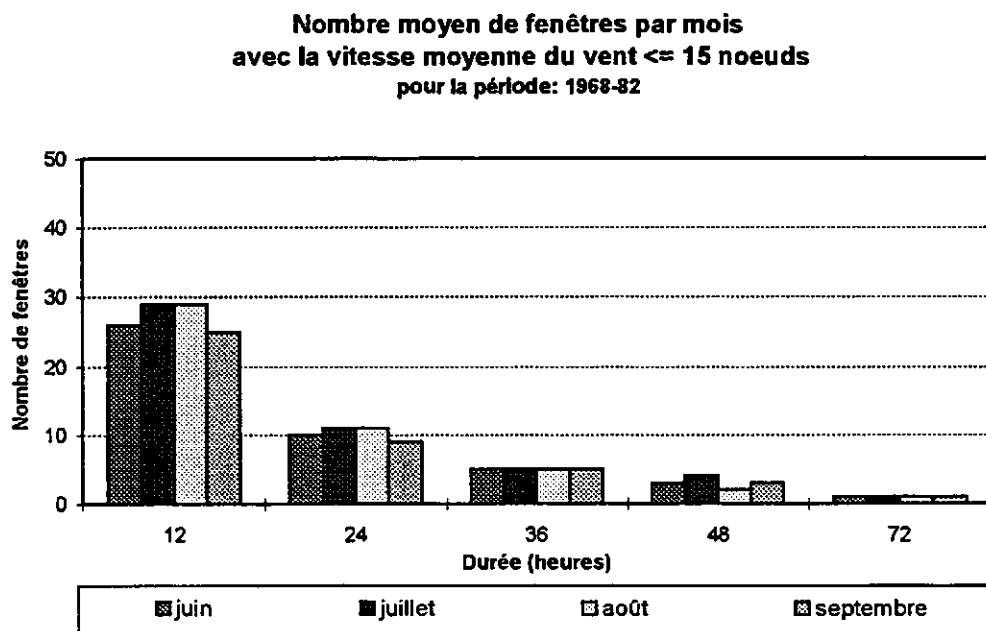


Figure 5b: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de, ou égale à 15 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1984-94 des Îles de la Madeleine.

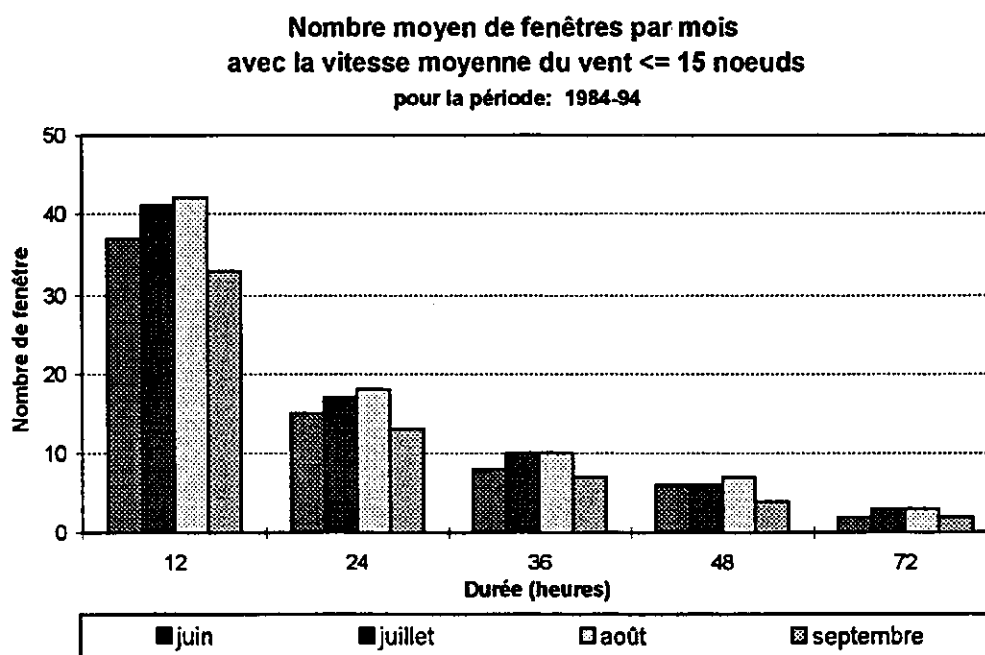


Figure 6a: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de ou égale à 20 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1968-82 des Îles de la Madeleine.

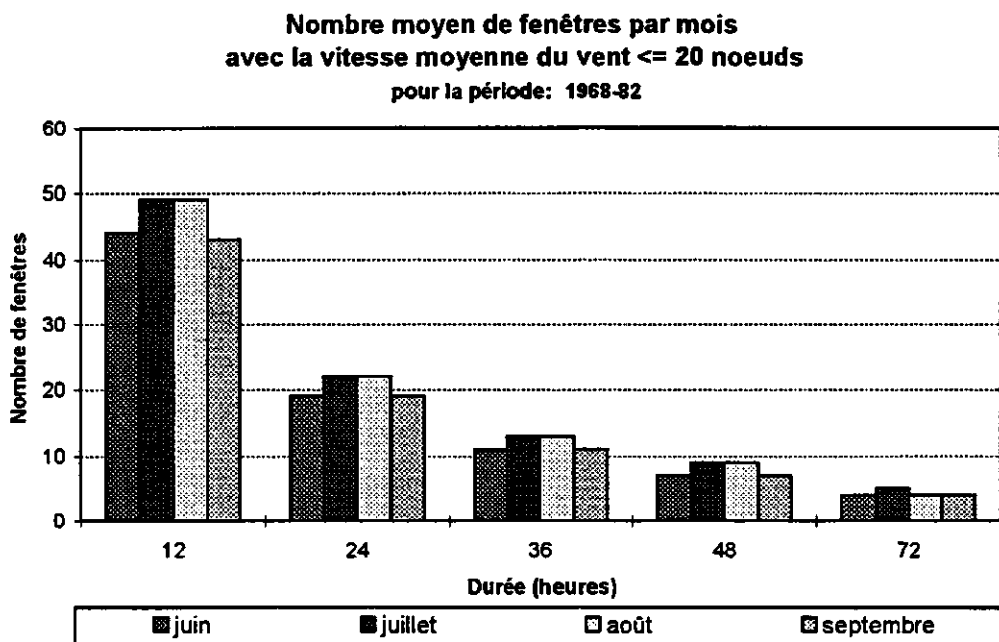
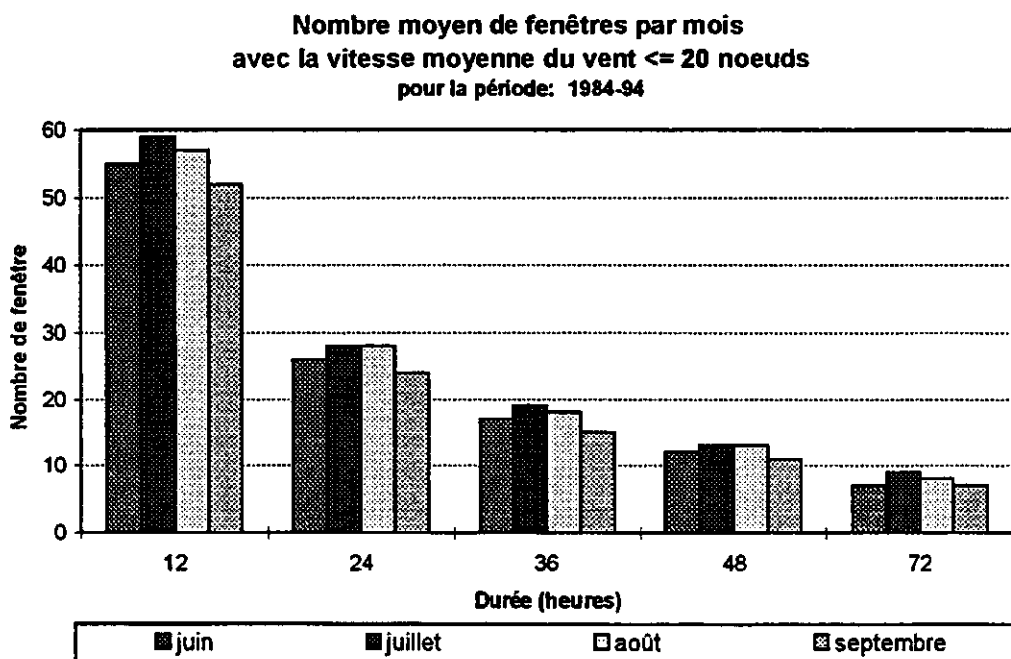


Figure 6b: Nombre moyen de fenêtres par mois avec la vitesse moyenne du vent de moins de ou égale à 20 noeuds pour des durées de temps spécifiques basé sur les données pour 1984-94 des Îles de la Madeleine.



L'examen des résultats dans les Tableaux 7, 8 et 9 (ou dans les Figures 4, 5 et 6) laisse voir qu'il y a une différence importante entre le nombre de fenêtres météorologiques que l'on peut identifier avant et après le déménagement de la station météorologique aux Îles de la Madeleine en 1983. Comme expliqué dans la section 2.2.1, la vitesse du vent rapportée de l'ancienne station météorologique a été modifiée pour prendre compte du fait que celle-ci était plus élevée que la présente station. Les différences, après cet ajustement, entre les deux ensembles de données de vitesse du vent peuvent être attribuées à certains facteurs tels que l'emplacement de la station et la topographie. Les résultats montrent, sans exception, un plus grand nombre de fenêtres météorologiques pour les données de 1984-94. Il n'est pas clair lequel des deux ensembles de données est le plus représentatif des conditions météorologiques au site de l'Irving Whale.

L'examen des Tableaux 7, 8 et 9 (ou des Figures 4, 5 et 6) montre que les fenêtres météorologiques sont peu nombreuses pour les périodes de temps de plus de 12 heures si on limite la vitesse du vent à 10 noeuds. Le nombre de fenêtres augmente d'une façon considérable, surtout pour les mois de juillet et août, si on accepte une vitesse du vent de 15 à 20 noeuds.

3.0 Conclusion

La vitesse du vent et la hauteur des vagues mesurées dans les environs de la barge Irving Whale, ainsi que la vitesse du vent mesurée à la station météorologique terrestre la plus proche, sont analysées pour déterminer le nombre d'événements météorologiques rencontrant certains critères. Un nombre élevé d'événements durant un mois quelconque indique la période de temps la plus propice à des conditions de vents faibles et de vagues peu développées; c'est-à-dire, une fenêtre météorologique favorable pour mener à bien les opérations de récupération.

Des moyennes calculées des mesures de la vitesse du vent, sur une période de dix ans aux Îles de la Madeleine durant 1984-93, indiquent que les vents les plus faibles se réalisent durant les mois de juin, juillet et août. La vitesse moyenne mensuelle est égale à dix noeuds pour chacun de ces mois. La vitesse du vent enregistrée durant l'été de 1995 était près de la moyenne.

Le choix de fenêtres météorologiques comprenant certaines valeurs prédéterminées de vitesse du vent, de hauteur des vagues et de durées de ces conditions à partir des données de la bouée située au site de l'Irving Whale durant 1995 indiquent que le mois de juin donnait le plus grand nombre de ces événements. Le mois de juillet suivait de près. Le mois d'août apportait une baisse considérable du nombre de ces fenêtres météorologiques. Les résultats pour septembre sont semblables à ceux du mois d'août.

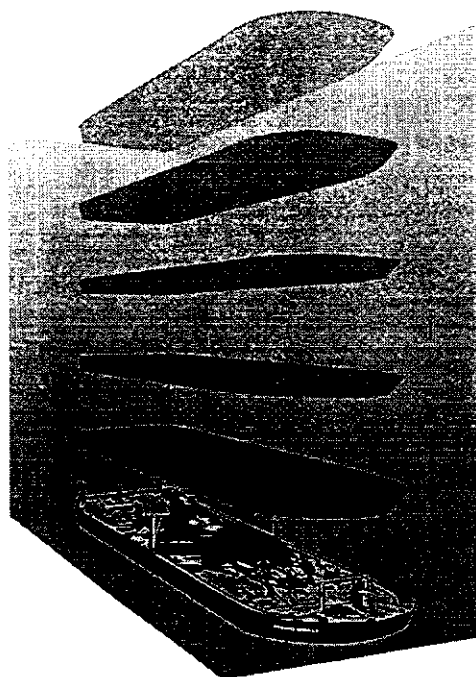
Les données climatologiques mesurées aux Îles de la Madeleine entre 1968 et 1994 indiquent que les conditions météorologiques donnant des vents de 10 noeuds pour une période dépassant 12 heures sont rares. Plus fréquentes sont les conditions donnant des vents de 15 à 20 noeuds pour une période de 12 heures, surtout durant les mois de juillet et août.

Si on accepte des vents de 15 à 20 noeuds pour la fenêtre météorologique, le nombre de ces fenêtres augmentent considérablement selon les données de la bouée météorologique ainsi que de la station terrestre. Les données de ces deux sources indiquent une réduction importante du nombre de fenêtres au fur et à mesure que la durée de ces conditions augmente.

Les analyses présentées ici indiquent que les mois de juillet et août, suivit par juin, sont les plus propices à donnés des vents légers et des vagues peu développées; c'est-à-dire, une fenêtre météorologique favorable. Cependant, si on se base sur les données pour 1995 obtenues de la bouée météorologique au site de l'Irving Whale, on observe que le mois de juin donne la meilleur chance pour les conditions nécessaires pour mener à bien les opérations de récupération de la barge Irving Whale.



ANNEXE G



**RÉUNIONS D'ÉTABLISSEMENT
DE LA PORTÉE DES INCIDENCES
DU PROJET DE RÉCUPÉRATION
DE L'IRVING WHALE
10 - 19 JANVIER, 1996**



Projet de renflouage de l'Irving Whale
Séances d'établissement de la portée des incidences
Sommaire des sujets discutés
Du 10 au 19 janvier 1996

TABLE DES MATIÈRES

Tableau 1- Phase préparatoire

Tableau 2- Remontée

Tableau 3- Transport

Tableau 4- Traitement

Tableau 5- Plans de mesures d'urgence

Tableau 6- Aspects juridiques

Tableau 7- Questions scientifiques

Tableau 8- Autres questions

LÉGENDE

1. Réunion à Dartmouth avec les représentants du gouvernement de la Nouvelle-Écosse (10 janvier).
2. Réunion à Dartmouth avec les ONG (10 janvier).
3. Réunion à Fredericton avec les représentants du gouvernement du Nouveau-Brunswick et du gouvernement fédéral (11 janvier).
4. Réunion à Caraquet avec les ONG (11 janvier).
5. Réunion à Charlottetown avec les représentants du gouvernement de l'Î.-P.-É. et du gouvernement fédéral (15 janvier).
6. Réunion à Charlottetown avec les ONG (15 janvier).
7. Réunion aux Îles-de-la-Madeleine avec les ONG (16 janvier).
8. Réunion à Québec avec les représentants du gouvernement du Québec et du gouvernement fédéral (17 janvier).
9. Réunion à Montréal avec les ONG (17 janvier).
10. Réunion à St. John's avec les représentants du gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador et du gouvernement fédéral (19 janvier).

TABLEAU 1- PHASE PRÉPARATOIRE

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
La canalisation bouclée du système de chauffage a-t-elle été inspectée pour les fuites?	1-6-7-9-10	2.3.2.1
Y a-t-il un moyen de déterminer si le système de chauffage s'est détérioré?	6	2.3.2.1
Combien de temps faudra-t-il pour terminer tous les travaux préparatoires au renflouage? [environ 10 jours]	1-4-6-7-9-10	2.0
Combien de temps faudra-t-il pour réunir les ressources nécessaires à l'opération? [environ 2 mois]	5-7-9-10	2.0
Les conduites du système de chauffage présentent-elle des traces de corrosion?	6-8	2.2.1
Avez-vous déjà songé à la possibilité que la barge ait perdu de sa résistance lorsqu'elle a frappé le fond?	6-9	2.2.1
Avez-vous évalué l'état des soudures?	6-8	2.2.1
Comment disposerez-vous des BPC s'ils sont pompés?	3	2.4.4.1 2.3.2.3
Pouvez-vous évaluer la quantité de BPC qui demeurent dans l'épave? Est-il possible de trouver l'origine de la fuite?	6-7	2.2.2
Y-a-t-il de proceder a des inspections plus sophistiquées de la partie de la coque qui s'appuie sur le fond.?	7	2.3.2.2 Annexe B
Y a - t-il lieu de retarder le renflouement d'un an pour faire une evaluation complete de la presence des BPC?	7	8 Annexe A

TABLEAU 2- PHASE DE REMONTÉE

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Comptez-vous examiner d'autres méthodes pour le traitement des BPC avant le renflouage, par exemple le pompage?	1-4-6-7-8-9-10	2.4
Sera-t-il possible d'observer le dessous de l'épave pendant la remontée?	10	2.3.2
Quelles sont les conditions météorologiques nécessaires pour effectuer ce travail?	1-4-5-6-7-8-9-10	2.3.2.1 Annexe F
Pourquoi avez-vous décidé de n'utiliser que 2 élingues, alors que vous comptiez initialement en utiliser 12?	6-7	Annexe A
La structure peut-elle soutenir la tension occasionnée par le renflouage sans se rompre? Avez-vous évalué le degré de corrosion de l'épave?	1-2-4-5-6-7-8-9-10	Annexe A Annexe B
Combien de temps l'opération de renflouage prendra-t-elle?	3-6-7-8-9-10	
Avez-vous envisagé de retirer l'eau des compartiments inondés afin de faciliter la remontée de l'épave?	1	2.3.2.2
Les navires et les grues qui seront utilisés l'été prochain seront-ils plus puissants et plus aptes à opérer dans de mauvaises conditions que ceux utilisés l'été dernier? Ne serait-il pas préférable de recourir à un chaland autopropulsé semi-submersible?	6-7	Annexe A
Le fond marin est-il vaseux? La boue pourrait-elle augmenter la difficulté et le danger du renflouage?	4-6	3.1.4 2.3.2.3
Cette méthode a-t-elle déjà été utilisée pour le renflouage de navires naufragés depuis 25 ans et contenant du mazout et des BPC à leur bord? Sommes-nous en train d'expérimenter?	7	Annexe A
Y aura-t-il un risque de déversement lorsque l'épave sera sortie de l'eau?	4	2.3.2.3
Quel serait l'impact du scénario le plus désastreux?	3-7-9-10	Annexe C et D
Quelles mesures avez-vous prévues pour composer avec l'éventuel bris d'une élingue pendant la remontée? Avez-vous songé à installer des élingues de sécurité en prévision d'un tel scénario? [non]	7	Annexe A
Quels critères prendrez-vous en considération pour déterminer s'il y a lieu de pomper du liquide hors de la barge avant d'en tenter la remontée?	1-2-4	2.4

Avez-vous prévu des techniques pour contenir les BPC s'il y a un trou dans le fond de la coque?	6-7-10	2.3.2.2
La succion rendra-t-elle l'épave plus difficile à renflouer? [il y a peu de bou, donc la succion sera faible]	1-7-9	2.3.2.2 Annexe A
Existe-t-il des méthodes pour neutraliser, agglutiner, décomposer, congeler, biodegrader les BPC libres ou dissouts?	7	2.4 Annexe A

TABLEAU 3- TRANSPORT

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Imposera-t-on des restrictions au trafic maritime pendant le trajet à Halifax?	1	2.3.2.6
Qu'arrivera-t-il s'il y a une tempête durant le transport?	1-9	2.3.2.6
La barge servant à la récupération pourra-t-elle contenir les fuites de mazout et de BPC provenant de l'Irving Whale?	1- 4-7-9-10	2.3.2.3

TABLEAU 4- TRAITEMENT

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Qu'arrivera-t-il aux BPC une fois la barge rendue à Halifax?	2	2.3.2.7
L'élimination des BPC fera-t-elle l'objet d'un examen dans le cadre de l'EE?	2	2.3.2.7
Est-ce Irving qui s'occupe du traitement des BPC?	1	Annexe E
Comment les responsabilités liées à l'épave sont-elles partagées entre le gouvernement fédéral et Irving?	1-6-9-10	Annexe E

TABLEAU 5- PLANS DE MESURES D'URGENCE

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
En cas de déversement majeur, quel sera le degré d'efficacité réel des plans de mesures d'urgence?	4-6	2.5.4
Qu'arrivera-t-il s'il y a un déversement majeur le long des côtes de la Nouvelle-Écosse pendant le trajet?	1-2	2.5.4
Quelles mesures d'urgence a-t-on prévues pour la phase du transport ?	1-4-7-8-10	2.3.2.6 2.5.4

Avez-vous prévu des techniques pour contenir les BPC pour le cas où la coque serait trouée?	6-7	2.3.2.2 2.3.2.3
Quels scénarios a-t-on prévus en cas de déversement?	1-2-3-4-5- 6-7-8-9-10	Annexe C et D

TABLEAU 6- ASPECTS JURIDIQUES

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Pourquoi la Ministre a-t-elle entamé des procédures juridiques?	3	1.1
Le contrat est-il toujours valide?	6-7-8-9-10	1.2
Depuis 1970, la loi régissant le transport maritime a-t-elle été modifiée de façon à éviter que ne se reproduisent les problèmes causés par l'Irving Whale et à responsabiliser les expéditeurs? [yes]	2-4-8	
Pourquoi préparer l'EE avant la fin des procédures juridiques?	1-5	1.1 action

TABLEAU 7- QUESTIONS SCIENTIFIQUES

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Quelles espèces courent le risque d'être contaminées?	6-8	3.1.7
Combien de sédiments contaminés y a-t-il autour de la barge? Seront-ils décontaminés?	2-5-6-7-8- 9-10	2.2.2 7.1
Avez-vous étudié les courants sous-marins entre l'épave et la surface? Quels effets ceux-ci pourraient-ils avoir sur la dispersion des BPC en cas de déversement?	7	Annexe C
Quelles sont les conséquences des BPC sur la santé?	7	5.1.1
Quels sont les effets des BPC sur l'environnement? Lequel des deux produits est le plus toxique, le mazout ou les BPC?	2- 4	5.1.1
La présence des BPC représente-t-elle un danger pour la santé des plongeurs?	2	2.5
Le mazout contient-il des algues qui pourraient rendre la combustion plus difficile? [Non]	2	2.3.2.4
Jusqu'ici, quels échantillons ont été recueillis et quelles concentrations de BPC ont été trouvées dans le mazout, la biote et les sédiments?	2-4-5-6-7- 8-9	5.2.4 Annexe C

TABLEAU 8- AUTRES SUJETS

SUJET	RÉUNION	RÉFÉRENCE
Comment les BPC modifient-ils la portée du projet?	3-5-9	1.0
Le gouvernement compte-t-il verser une indemnité aux pêcheurs pendant cinq ans si l'opération se solde par une catastrophe environnementale et économique?	7	6.2
Savez-vous si l'épave laisse fuir du mazout?	4-7-8-9-10	2.1
Cette opération a-t-elle des conséquences sur le plan de rétablissement du béluga déposé par le ministre Tobin?	8	2.2.2
Qui financera cette opération? Pourquoi la société Irving n'assume-t-elle pas la totalité des coûts du renflouage?	2-4-6-7-9	3.1.7.8 Table 6
Quel sera l'impact socio-économique des différents scénarios de déversement? Avez-vous prévu un volet socio-économique à l'EE?	8	1.0
Quelle est la durée de vie utile du système de chauffage? Dans combien de temps risque-t-il de commencer à fuir si les conditions actuelles persistent?	4	Annexe D
Comment a-t-on découvert les BPC?	2-7-10	2.1.2
Les politiciens assisteront-ils aux séances de consultation publiques?	7	1.1
Pouvez-vous nous assurer que la décision définitive sera réfléchie, qu'elle tiendra compte de nos intérêts et qu'elle visera à protéger l'environnement?	7	Raport EE
Comptez-vous faire davantage de publicité pour les autres séances que vous n'en avez faite pour celle-ci?	7	
L'option retenue est-elle uniquement fondée sur des considérations financières?	6-7	Raport EE
Pour dissiper tous les doutes, est-il possible d'entendre l'opinion d'un expert indépendant? Il y a des risques à retenir les services d'un seul consultant, par exemple celui de choisir la mauvaise option. Ne serait-il pas mieux d'engager plus d'un consultant afin d'obtenir différentes opinions?	5-6-7	Annexe A, B et D
Qui est responsable de la réussite de ce projet?	7	2.5.2
Y a-t-il une option qui consiste à "ne rien faire"?	1	8
Les habitants de l'Î.-P.-É. craignent : (1) qu'on ne leur dise pas la vérité; (2) que le consultant recommande l'option qui lui rapportera le plus d'argent, sans égard à l'environnement; (3) que personne ne se préoccupe de l'impact d'un déversement sur leur mode de vie.	5	Annexe A Annexe D

Existe-t-il au fond du Golfe d'autres epaves contenant possiblement des BPC? Y-a-t-il des navires qui sillonnent le Golfe qui utilisent encore des BPC?	7	
Pourquoi n'y-a-t-il pas une equipe d'evaluation independante qui fait suivi du projet du debut a la fin?	2	1.2 Annexe A.B.C.D



**RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE
LA NOUVELLE-ÉCOSSE**

QUEEN SQUARE, DARTMOUTH

LE 10 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
-----------------	------------	---------------------

Modérateur

	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
--	--------------	---------------

Invités

	John Henderson	Min. Env. N.-É.
	Andrew Kendall	Min. Env. N.-É.

Gouvernement fédéral

Ross Alexander	MPO Moncton
Anne-Marie Drake	MDE Dartmouth
Hugh Hall	MDE Dartmouth
Eric Hundert	MDE Dartmouth
Vincent Jarry	MDE Montréal
Joan Kean-Howie	GCC Dartmouth
Alan McIver	MDE Dartmouth
Brian Thompson	MPO Halifax
Ian Travers	MDE Dartmouth
Will Vickery	MPO Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel	ARQ Le Groupe
--------------	---------------



RAPPORT SUR UNE RÉUNION D'ÉTABLISSEMENT DE LA PORTÉE DES INCIDENCES AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE

QUEEN SQUARE, DARTMOUTH

LE 10 JANVIER 1996

1. Quand les réunions d'établissement de la portée des incidences doivent-elles être terminées?

Elles seront terminées d'ici le 19 janvier, mais on peut encore faire parvenir des observations par fax, par la poste ou par téléphone jusqu'au 26 janvier 1996.

2. Aura-t-on recours au même entrepreneur pour l'opération de récupération?

On compte utiliser les services du même entrepreneur, sauf si l'évaluation environnementale conclut qu'il devrait en être autrement.

3. Pourquoi procédez-vous à une évaluation environnementale avant l'audience judiciaire devant avoir lieu en mai 1996?

Le jugement nous empêche de récupérer l'Irving Whale, mais il ne nous interdit nullement de procéder à l'EE.

4. Qui décidera ultimement si l'opération de récupération doit aller de l'avant?

Le ministre des Pêches et des Océans et le ministre de l'Environnement prendront la décision finale en se fondant sur l'évaluation environnementale.

5. Avez-vous échantillonné les BPC depuis la découverte de leur présence?

On a prélevé et analysé, en vue d'y déceler d'éventuels BPC, des échantillons de sédiments, de mazout et de biote. Des BPC ont été trouvés dans les sédiments, quoique leur concentration diminue rapidement dans les sédiments de plus en plus éloignés de la barge. On n'a pas décelé de BPC dans les échantillons de mazout prélevés dans trois des citernes de la barge (aucune autre citerne n'a été échantillonnée). Quant aux concentrations détectées dans la biote, elles sont inférieures à la norme maximale autorisée pour la consommation humaine, soit 2 mg/kg.

6. Envisagerez-vous diverses méthodes pour traiter les BPC?

On demandera au consultant en récupération d'évaluer les différentes options qui se présentent pour le traitement des BPC.

7. A-t-on inspecté visuellement la canalisation bouclée?

Une inspection partielle a été effectuée, qui n'a pas révélé de dommage manifeste. Toutefois, il se pourrait que des BPC fuient d'une collerette ou d'une petite fissure qui ne soit pas facilement visible.

8. La structure de la barge a-t-elle été endommagée?

D'après notre inspection de l'état de la barge, nous croyons la structure suffisamment solide pour supporter la contrainte du renflouage sans se rompre. Nous ignorons s'il existe des trous sur le dessous de la coque. Le fond marin dans le secteur est relativement plat, mais il y a des roches alentour de la barge, et il est possible qu'une ou plusieurs roches aient perforé la coque.

9. Le phénomène de succion rendra-t-il le levage de la barge plus difficile?

La force de succion est proportionnelle au pourcentage de glaise et de boue du fond marin. Les échantillons ont démontré que 78 % du fond marin est constitué de sable, 1,9 % de glaise ou de boue et le reste de gravier. La succion sera par conséquent négligeable.

10. La barge pourra-t-elle supporter la force du levage sans se rompre?

La structure de la barge est très forte et ne présente à l'observation que peu de détérioration. Elle a été construite pour supporter des forces de 2,4 à 2,5 tonnes au pouce carré dans des conditions d'utilisation normales; par conséquent, elle devrait supporter la force du levage, qui sera de 1,6 tonne au pouce carré. L'épaisseur de la coque n'a diminué que de 5 % par la corrosion, cela en raison de la faible concentration d'oxygène et de la température de l'eau. Les calculs révèlent que, même dans l'hypothèse où il manquerait 50 % du fond de la coque, la structure est suffisamment solide pour résister au levage.

11. Quels sont les différents scénarios de déversement des BPC?

Nous envisageons cinq scénarios, dont un scénario de la pire éventualité.

12. La barge servant à la récupération pourra-t-elle recevoir le mazout et les BPC s'écoulant de l'Irving Whale?

L'entrepreneur doit fournir une barge apte à recevoir 500 tonnes de liquide. Celle dont on disposait l'an dernier avait des compartiments séparés pour l'entreposage des liquides déversés. Nous envisageons de recourir à la même barge ou à une autre qui aurait les mêmes capacités.

13. L'évaluation environnementale comprend-elle l'élimination des déchets de la barge?

Oui.

14. Si des BPC fuient de l'Irving Whale, la barge utilisée pour la récupération risque d'être contaminée. Qui sera chargé de sa décontamination?

La question sera traitée dans l'évaluation environnementale et dans les négociations avec Irving.

15. Avez-vous envisagé de pomper l'eau des compartiments inondés pour alléger la barge en vue du renflouage?

Pas encore, mais nous le ferons. Si cette option est retenue, il nous faudra veiller à ce que l'eau pompée soit décontaminée. Il faut aussi tenir compte du risque accru pour la sécurité des plongeurs. Le pompage de l'eau facilitera et accélérera le renflouage, ce qui nous laissera plus de souplesse pour diriger l'opération. C'est un élément important à considérer, compte tenu du fait que l'opération dépend des conditions météorologiques. On estime qu'il y a 450 tonnes d'eau dans le compartiment d'étrave et 650 tonnes à l'arrière.

16. Croit-on qu'il faudra beaucoup de travail pour mettre le tunnel en état?

L'endroit où la barge repose est relativement calme. Nous pensons donc n'avoir qu'à enlever une petite quantité de sédiments.

17. A-t-on envisagé l'option qui consisterait à «ne rien faire»?

Cette option a été éliminée en raison de la menace environnementale posée par les BPC et le mazout de la barge. La question véritable est «que faire»?

18. Comptez-vous utiliser le même réseau de communication que l'été dernier?

Oui.

19. La phase de traitement confiée à Irving est-elle assujettie à l'évaluation environnementale?

20. Où cesse la responsabilité du gouvernement et où commence celle d'Irving?

Nous rencontrerons Irving pour le déterminer.

21. Irving est-elle prête à accepter la barge et la responsabilité qui en découle?

Oui, son engagement à cet égard est très clair.

22. Dans l'évaluation environnementale, envisage-t-on la possibilité d'un déversement durant le transport de la barge vers Halifax?

Oui.

23. Quels plans d'intervention d'urgence seront en place durant le transport?

24. Qu'arrivera-t-il si une tempête survient durant le transport de la barge vers Halifax?

25. Qu'arrivera-t-il en cas de déversement majeur le long du littoral de la Nouvelle-Écosse durant le transport?

26. Quel système de communication sera en place entre la barge et le port de refuge en chemin?

27. Il y aura-t-il des vols de surveillance réguliers durant le transport?

28. La circulation maritime sur le trajet menant à Halifax fera-t-elle l'objet de restrictions?

On a envisagé d'établir des zones d'accès interdit, mais, comme nous ne prévoyons pas de difficulté, nous n'avons pas l'intention de restreindre la circulation maritime.



**RÉUNION D'ÉTABLISSEMENT DE LA PORTÉE DES INCIDENCES AVEC LES
ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE**

QUEEN SQUARE, DARTMOUTH

LE 10 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
-----------------	------------	---------------------

Modérateur

	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
--	--------------	---------------

Invités

Arlene Diepenbrock	NS Stranding Network
Ron Putram	Canada-Dangerous Goods
Peter Wallace	Ecology Action Center
C.A. Tony Mansell	EMD (N.-É.)
Wendi Smith	Tourism Industries Ass
Aaron Schneider	Center for International Studies
Floyd Day	Eastern Shore Wilderness Society
Bob Christie	Pictou Harbour Environmental Protection Project
Bruno Marcocchio	Nettoyage des étangs bitumineux de Sydney
Vicky Healy	Comté de Shelburne
Elizabeth Thomson	Concerned Citizens Against Strip Mining
Ishbel Munro	N.S. Environment Network

Gouvernement fédéral

Ross Alexander	MPO Moncton
Ernest Bouffard	GCC (Î.-de-la-Mad.)
Libby Douglas	MDE Dartmouth
Hugh Hall	MDE Dartmouth
Eric Hundert	MDE Dartmouth
Vincent Jarry	MDE Montréal

Joan Kean-Howie

GCC Dartmouth

Alan McIver

MDE Dartmouth

Guy Sirois

MPO Moncton

Will Vickery

MPO Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel

ARQ Le Groupe

RÉUNION AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE

QUEEN SQUARE, DARTMOUTH

LE 10 JANVIER 1996

1. Quelle est la position d'Irving sur le financement du projet?

À l'époque du naufrage, en 1970, l'entreprise n'était pas tenue par la loi de récupérer la barge. À cette époque, la juridiction nationale se limitait à 12 milles de la côte. La zone de 200 milles n'a été reconnue qu'en 1978, ce qui signifie qu'à son naufrage l'Irving Whale se trouvait dans des eaux internationales. Ces circonstances limitent les actions que le gouvernement fédéral peut engager à l'endroit d'Irving.

Depuis la découverte des BPC à bord, nous avons demandé au procureur général de nous donner un avis juridique au sujet d'une infraction possible à la Loi canadienne sur la protection de l'environnement.

En 1995, Irving s'est engagée à fournir du matériel de lutte contre un éventuel déversement et à prendre en charge la barge une fois celle-ci au port. Nous avons depuis rencontré à nouveau l'entreprise, qui a indiqué qu'elle fournirait le même genre d'assistance pour l'opération de 1996. Nous officialiserons cette entente dans quelques semaines.

En 1995, le coût total de l'opération était estimé à 12 500 000 \$, et la valeur de la contribution d'Irving à 2 000 000 \$.

2. Comment a-t-on découvert la présence de BPC?

Nous avons été informés de leur présence au cours d'une réunion avec les représentants d'Irving le 26 juin 1995. Nous avons alors immédiatement entrepris une enquête à ce sujet.

L'Irving Whale a été construit en 1966, à une époque où les BPC étaient largement utilisés. La barge a coulé en 1970 et l'utilisation des BPC n'a été réglementée qu'en 1978. Aucune des personnes participant au projet de récupération n'avait pensé à la présence possible de BPC dans le système de chauffage.

La GRC procède à une enquête à ce propos et fournira des précisions dès que celle-ci sera terminée. Pour le moment, nous ne disposons pas d'autres renseignements à ce sujet.

3. Avez-vous d'autres renseignements sur les échantillons prélevés et sur la concentration de BPC qu'on y a trouvée?

Des échantillons de sédiments ont été prélevés alentour de la barge. Ces échantillons sont en cours d'analyse et les résultats figureront dans l'évaluation environnementale (EE). Pour le moment, nous pouvons dire que d'importantes concentrations de BPC ont été décelées dans les sédiments provenant des environs immédiats de la barge. Ces concentrations diminuent considérablement dans les sédiments prélevés à plus grande distance de la barge. Quant aux concentrations de BPC présentes dans les échantillons biologiques, elles sont inférieures à la norme de 2×10^{-9} . Des renseignements plus précis et plus complets seront fournis dans l'EE.

4. Que fera-t-on des BPC à Halifax?

L'Irving Whale sera remis à Irving à son arrivée au port de Halifax. C'est cette entreprise qui sera chargée de le décontaminer et d'éliminer tous les BPC et tout le mazout présents dans la barge.

5. Pourquoi ne pas envisager d'autres méthodes comme celle qui consisterait à pomper les BPC et le mazout et à laisser l'Irving Whale où il est?

L'EE en cours examine toutes les possibilités. Toutefois, le pompage présente certains problèmes. Il est impossible de pomper la totalité des fluides; par conséquent, une certaine quantité de mazout et de BPC resterait dans la barge.

6. Y a-t-il des algues dans le mazout qui empêcheraient de le brûler?

Non, il n'y a pas d'algues dans le mazout.

7. Croyez-vous que la barge soit suffisamment solide pour résister à la force du levage?

Les plongeurs ont prélevé des échantillons de la coque en perçant des trous sur les parois de la barge. Si l'on se fonde sur l'épaisseur initiale des tôles, les échantillons révèlent une diminution d'épaisseur de 5 %. Étant donné que cela fait 25 ans que la barge a coulé, il s'agit là de bonnes conditions, qui s'expliquent par la faible concentration d'oxygène et la froideur de l'eau alentour de la barge. De plus, les plongeurs et les exploitants de sous-marins qui ont travaillé à proximité de la barge estiment que celle-ci est en bon état.

Il se peut que le fond de l'Irving Whale ait été perforé par les roches présentes sur le fond marin. Cependant, même dans l'hypothèse où la moitié du fond manquerait, les calculs révèlent que la barge supportera quand même la force du levage.

8. Envisagerez-vous de pomper les BPC avant de tenter de renflouer la barge?

Oui, cette possibilité sera examinée dans l'EE.

9. Quels risques posent les BPC pour la santé des plongeurs?

Aucun, puisque les plongeurs sont protégés d'une exposition aux BPC par leur combinaison de plongée.

10. Le circuit de chauffage est-il un circuit ouvert ou fermé?

Il est fermé, mais il était en fonctionnement lors du naufrage.

11. Qui traitera des problèmes posés par la présence des BPC?

Nous disposons d'un vaste éventail de compétences et de spécialistes, dont des physiciens, des biologistes, des chimistes et des ingénieurs d'Environnement Canada, de Pêches et Océans et de la Garde côtière.

12. Si vous n'avez pas l'expertise particulière nécessaire pour traiter de certains aspects de l'EE, envisagerez-vous de recourir à un expert externe?

Nous comptons retenir les services d'un consultant en récupération, qui examinera les diverses options de traitement des BPC.

13. L'EE traitera-t-elle du sort ultime des BPC?

14. Quels seront les impacts des BPC sur l'environnement en cas de déversement?

15. Nettoiera-t-on les sédiments entourant la barge?

16. Quels impacts auront sur les organismes marins les divers scénarios que vous étudiez actuellement?

17. Une partie du circuit électrique est-elle visible à l'extérieur?

Oui, la canalisation bouclée.

18. Si l'on considère le pire des scénarios, quelle quantité de BPC sera déversée et quels seront les impacts de ce déversement sur l'environnement et la santé humaine? Que peut-on faire pour empêcher un tel déversement?

L'EE répondra à ces questions.

19. Quel type de BPC est utilisé à bord de la barge?

L'Aroclor 1242, composé contenant 80 % de BPC.

20. Combien de navires contenant des BPC ou d'autres fluides dangereux ont coulé dans le golfe du Saint-Laurent?

C'est une question que nous sommes en train d'étudier.

21. Dans quelle mesure utilise-t-on les cartes des ressources marines pour évaluer les différents scénarios?

22. Quel plan de mesures d'urgence en cas d'accident ou de déversement sera-t-il en place?

Tous les aspects de cette question seront traités dans l'EE.



RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DU NOUVEAU-BRUNSWICK

HÔTEL LORD BEAVERBROOK , FREDERICTON

LE 11 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
-----------------	------------	---------------------

Modérateur

	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
--	--------------	---------------

Invités

Megan Trites	Min. Env.N.-B.
Martin Marshall	DNRE
Brent Evered	DNRE
Gary Dresher	Min. Env. N.-B.
Don Campbell	PCC/N.-B.
Brad Marshall	Min. Env. N.-B.

Gouvernement fédéral

Ross Alexander	MPO Moncton
Ernest Bouffard	GCC Î.-de-la-Mad.
Hugh Hall	MDE Dartmouth
Vincent Jarry	MDE Montréal
George Lindsay	MDE Fredericton
Alan McIver	DOE Dartmouth
Will Vickery	MPO Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel	ARQ Le Groupe
--------------	---------------



RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DU NOUVEAU-BRUNSWICK

HÔTEL LORD BEAVERBROOK, FREDERICTON

LE 11 JANVIER 1996

1. Avez-vous analysé les échantillons biologiques en vue d'y déceler d'éventuels BPC?

Oui, nous sommes en train de les analyser. Les résultats figureront dans l'EE.

2. Le fluide de chauffage est-il composé de BPC?

Il est composé de 80 % de BPC.

3. Comment la présence des BPC modifie-t-elle la portée du projet?

Nous devons être prêts pour un déversement. Tout ce qui a été fait jusqu'ici à propos du mazout demeure valable, mais peut être insuffisant face à la présence de BPC. Le processus actuel nous donne le temps d'évaluer précisément les options qui s'offrent pour le traitement des BPC. L'EE en cours s'appuie sur ce qui a été fait auparavant.

4. Où allez-vous vous débarrasser des BPC si vous les pompez?

Si nous pompons les BPC, cela pourrait occasionner des problèmes de vide et de pression. L'option de pompage est à l'étude, mais pour le moment Halifax semble le meilleur endroit. Cette question sera traitée dans le rapport.

5. Le circuit de chauffage est-il un circuit fermé?

Oui, mais au moment du naufrage il était en fonctionnement, ce qui signifie que ses vannes étaient ouvertes. Le consultant en récupération en tiendra compte.

6. Comment le Nouveau-Brunswick serait-il touché par le pire des scénarios?

L'EE répondra à cette question.

7. Pourquoi le Ministre a-t-il entrepris des poursuites?

Essentiellement, en raison de la façon dont on a découvert la présence de BPC. Le Ministre a ordonné une enquête interne pour faire la lumière sur les circonstances.

En même temps, deux groupes écologiques ont remis en question l'EE réalisée en 1995 et ont obtenu la suspension du projet. Le juge nous a offert une alternative, en nous proposant de soit contester l'affaire, soit réaliser une autre EE traitant de la question des BPC. Cette EE nous aidera à faire lever la suspension et à aller de l'avant avec le projet.

8. Combien de temps faudra-t-il pour renflouer la barge une fois les élingues en place?

Il nous faut 48 heures de bonnes prévisions météorologiques pour entreprendre le renflouage, qui durera de 12 à 14 heures si tout se déroule comme prévu.

RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DU NEW BRUNSWICK

CENTRE DE PÊCHE, CARAQUET

11 JANVIER, 1996

19:00-21:15 P.M.

Présences:

Fonction	Nom	Organisation
Modérateur	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
Invités	François Beaudoin	M.F.U.
	Zoé Breau	U.P.M.
	Y. Régimbald	U.P.M.
	J.-P. Le Bouthiller	ACHNE
	Paul Michon	
	Roger Héron	
	Rita Noël	
	Pierre Haché	
	Jacques Doiron	
	Guy Cormier	
	Pierre Damours	Mic-Macs de Restigouche
	Julie Bouchar	
	Adrien Thériault	Groupe Réseau Environnementale du N.B.
Fédéral	Ernest Bouffard	GCC Iles de la Madelaine
	Hélène Dupuis	MPO Moncton
	Hugh Hall	ME Dartmouth
	Vincent Jarry	ME Montreal
	Alan McIver	ME Dartmouth
Rapporteur	Yves Duhamel	ARQ Le Groupe

RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DU NEW BRUNSWICK

CENTRE DE PÊCHE, CARAQUET

11 JANVIER, 1996, 19:00-21:15 P.M.

1. Est-ce que les BPC sont plus dangereux que le mazout?

Les risques sont différents. Le mazout représente un danger à court terme, tandis que les BPC en représente un à long terme. Dans le cas des BPC, la bio-accumulation dans la chaîne alimentaire est le problème majeur auquel nous devons faire face.

2. Est-ce que le fond est vaseux où se trouve l'épave?

Non, on y retrouve seulement 1,9% d'argile et de boue, il est principalement constitué de sable et de gravier.

3. Est-il possible de couper l'un des tuyaux du système de chauffage afin d'en retirer les BPC?

C'est une possibilité, le consultant qui sera engagé devra évaluer toutes les façons, afin de nous recommander celle qui sera la plus sécuritaire.

4. Y a-t-il des fuites d'huile?

Le chargement initial était de 4000 tonnes. Présentement, nous évaluons la quantité dans les soutes de l'épave à 3100 tonnes. Le chaland n'est pas brisé, mais des fuites ont pu être constatées par les événements. Lors d'une plongée, les plongeurs ont pu poser des sacs avec collets sur les huit orifices afin de les boucher, cependant les conditions de travail n'étant pas idéales trois événements fuient toujours.

5. Est-ce que la structure de l'épave peut prendre la pression que le levage exercera?

Oui, elle le peut. La coque du vaisseau a perdu moins de 5% de son épaisseur depuis le naufrage. La structure est en bon état et la remontée sera sécuritaire. Il n'y a aucun danger de rupture dû aux changements de pression.

Quant au dessous de l'épave, nous n'avons aucun moyen d'en connaître l'état exact; étant donné qu'elle a un fond plat. Le fond est relativement plat à cet endroit, et nous remarquons quelques rochers éparpillés aux environs du vaisseau. Il est donc possible qu'elle soit perforée.

6. Peut-il y avoir déversement lors de la sortie de l'eau?

Non, l'autre vaisseau retenu pour le renflouage récupérera les liquides contaminants sortant de l'épave. Toutefois, s'il y a déversement lors de la remontée les ressources nécessaires seront sur place afin de remédier à la situation.

7. Est-ce que le plan d'urgence sera efficace?

Le but est de s'assurer de minimiser et d'éliminer le plus d'impacts négatifs possibles. Pour ce faire, nous faisons appel à l'expertise du personnel des cinq provinces touchées, de trois ministères fédéraux et de la compagnie Irving. Les dates de l'opération seront choisies en fonction des conditions météorologiques optimales, afin que l'équipement de récupération soit le plus efficace possible. Notre capacité de récupération pour le mazout sera de 1100 tonnes par jour, ce qui signifie qu'en trois jours tout est récupéré. En ce qui concerne les BPC, il faut ajouter cet aspect au plan. Le consultant retenu devra nous recommander la meilleure solution.

8. Quelle est la densité des BPC?

Elle est de 1,4, ce qui signifie qu'ils tomberont au fond.

9. Est-ce que la législation a été modifiée depuis 1970?

Oui, depuis 1970 nous avons assisté à l'apparition du Ministère de l'Environnement et des législations s'y rattachant, de nouvelles lois régissant la construction navale et de la mise en place du principe de pollueur-payeur. De plus, à l'époque les eaux canadiennes s'étendaient à 12 milles de nos côtes, tandis qu'aujourd'hui la limite est repoussée à 200 milles.

Il faut faire attention, Irving ne peut être tenu responsable au sens légal, étant donné qu'à l'époque l'incident s'est produit dans les eaux internationales.

10. Est-ce qu'Irving a une idée de la durée de vie de la tuyauterie du système de chauffage dans les conditions où il se trouve actuellement?

Non, pas à notre connaissance. Cette question devrait être étudiée lors de l'ÉE.

11. Combien l'opération a-t-elle coûté à ce jour?

Les coûts de 1995 s'élèvent à 12,5 millions de dollars.

12. Quel est la texture du mazout à l'intérieur de l'épave?

Dans les conditions où il se trouve, il peut être comparé à de la mélasse.

13. Avez-vous pris des échantillons biologiques?

Oui, ils sont présentement examinés. Cependant, étant donné que le problème est à long terme, il est difficile d'évaluer des échantillons biologiques. Par contre, le sol entourant l'épave a démontré une certaine contamination près du vaisseau, qui s'amenuisait rapidement lorsque l'on s'en éloignait pour ne plus exister au-delà de 300 mètres.

14. Avez-vous pris des échantillons biologiques à la croisée des courants?

Non, à ma connaissance il n'y en a pas eu de pris. Ce serait une donnée intéressante à inclure dans notre rapport scientifique.

15. Quel est la durée de vie de l'épave où elle se trouve actuellement?

Les données statistiques que nous avons sur d'autres épaves donnent une espérance de vie de 35 à 40 ans. Par la suite le métal se pique et perd de sa solidité.

16. Avez-vous considéré enterrée l'épave sous du béton?

Oui, cette question fût évaluée et écartée à cause des différents problèmes que le froid et la profondeur nous causaient.

17. Y a-t-il un autre aspect que l'injonction interlocutoire qui peut vous empêcher de renflouer l'Irving Whale?

Non.

RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT

DE L'ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

RODD'S TRAVEL LODGE, CHARLOTTETOWN

LE 15 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
-----------------	------------	---------------------

Modérateur

	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
--	--------------	---------------

Invités

Clair Murphy	Min. Env. et Ress. Î.-P.-É.
Doug Murray	Min. Dév. écon. et Tourisme Î.-P.-É.
Dave Gillis	DAFF Î.-P.-É.

Gouvernement fédéral

Ross Alexander	MPO Moncton
Paul Caines	Parcs Canada
Hélène Dupuis	MPO Moncton
Hugh Hall	MDE Dartmouth
Joan Kean-Howie	GCC Dartmouth
John Keefe	MDE Charlottetown
Ron Mackay	GCC Charlottetown
Robert Mc Innis	MPO Charlottetown
Alan McIver	MDE Dartmouth
Ken Mumma	GCC Charlottetown
Will Vickery	MPO Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel	ARQ Le Groupe
--------------	---------------



RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT

DE L'ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

RODD'S TRAVEL LODGE, CHARLOTTETOWN

LE 15 JANVIER 1996

1. Les échantillons ont-ils été analysés et peut-on connaître les résultats des analyses?

Ils sont en cours d'analyse, et les résultats seront publiés dans l'EE.

2. Les résultats des analyses modifient-ils la perception qu'on avait l'été dernier?

Non. Les concentrations décelées dans les échantillons biologiques sont très faibles; les échantillons de sédiments présentent de plus fortes concentrations de BPC près de l'Irving Whale, mais celles-ci diminuent rapidement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la barge.

On n'a détecté aucune contamination dans les échantillons de mazout prélevés dans trois des huit citernes.

3. De quel délai a-t-on besoin pour réunir toutes les ressources nécessaires à l'opération?

En raison de la complexité de l'opération, il faudra de six à huit semaines pour regrouper sur place toutes les ressources. Avant de procéder au renflouage, nous devons terminer certains travaux préparatoires. Le tunnel doit être débarrassé des sédiments. À l'arrière, il nous faut finir d'installer toutes les plaques d'appui nécessaires pour maintenir les élingues en place. Certains débris restent à être éliminés alentour de la barge. Il faudra en tout dix jours de préparatifs. En outre, il se pourrait que l'EE recommande certains travaux liés à la présence des BPC.

4. Quelle quantité de sédiments contaminés y a-t-il alentour de la barge? Seront-ils nettoyés avant le renflouage? Les sédiments se trouvant sous la barge seront-ils nettoyés après le renflouage?

L'EE répondra à ces questions.

5. Prenez-vous en considération les perturbations occasionnées par le renflouage et leurs effets sur l'ensemble de l'opération?

Nous ne prévoyons pas de perturbation importante. Toutefois, les scénarios envisagés tiendront compte de la réaction possible de la barge et des élingues durant le renflouage.

6. Combien de temps a-t-il été perdu au cours de l'opération de l'été dernier?

On a perdu quarante pour cent du temps réservé aux plongées en tourelle à cause des mauvaises conditions météorologiques.

7. "Quand prévoyez-vous que l'injonction du tribunal sera levée?"

En sursoyant à l'exécution du projet, le juge a offert une alternative au gouvernement, lui permettant soit de se défendre, soit de procéder à une évaluation approfondie sur la question des BPC. Le juge a suspendu l'opération jusqu'à la tenue d'une audience, au cours de laquelle les deux parties feraient valoir leurs arguments.

8. Quelle est la date ultime à laquelle on peut mobiliser les ressources nécessaires à l'opération?

L'opération doit commencer à la mi-mai si on veut qu'elle ait lieu en 1996.

9. Commencerez-vous à mobiliser les ressources avant la date de l'audience?

Oui, nous devrions être en mesure de commencer une fois que l'EE supplémentaire sera terminée et que le Ministre aura autorisé l'opération.

10. Aviez-vous envisagé de pomper les BPC l'été dernier?

Le processus en cours nous permettra de considérer toutes les options. Le pompage en est une.

11. Qui retient les services du consultant?

Nous. Ce consultant devra examiner la question des BPC sous tous ses aspects.

12. Retenir les services d'un seul consultant présente des risques, notamment celui qui consisterait à retenir la mauvaise option. Ne serait-il pas préférable d'engager plusieurs consultants pour avoir des opinions différentes?

Le milieu de la récupération et du sauvetage maritimes est relativement limité. Sa crédibilité est en jeu et nous ne prévoyons pas de problème à cet égard.

13. Craintes des gens de l'Î.-P.-É. à ce propos:

- 1- Ils craignent qu'on leur mente.
- 2- Ils craignent que le consultant recommande l'option qui lui rapporte le plus, sans se soucier des conséquences pour l'environnement.
- 3- Ils craignent que personne ne songe aux répercussions d'un déversement sur le mode de vie des insulaires.

RÉUNION AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DE L'ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

RODD'S TRAVEL LODGE, CHARLOTTETOWN

LE 16 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
-----------------	------------	---------------------

Modérateur

	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
--	--------------	---------------

Invités

Caroline Runyon	Oil spill network ABC
Claude Brothers	Bail the Whale
Roger Townshend	PEI Culture Mussel Growers Ass
Irene Novaczek	Environmental Coalition
Grant Mac Rae	Tourism & Industry Ass.
Pierre-Yves Daoust	Atlantic Veterinary College
Hank Scarth	MPO-Î.-P.É.
Norman Peters	PEIFA
Roy Wyand	Cavendish Tourist Ass.

Gouvernement fédéral

Ross Alexander	MPO Moncton
Paul Caines	Parcs Canada
Scott Crawford	
Hélène Dupuis	MPO Moncton
Wayne Easter	Député
Hugh Hall	MDE Dartmouth

John Keefe	MDE Charlottetown
Joan Kean- Howie	GCC Dartmouth
Ron Mackay	GCC Charlottetown
Alan McIver	MDE Dartmouth
Ken Mumma	GCC Charlottetown
Will Vickery	MPO Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel	ARQ Le Groupe
--------------	---------------

RÉUNION AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DE L'ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

RODD'S TRAVEL LODGE, CHARLOTTETOWN

LE 15 JANVIER 1996

1. Le contrat de l'an dernier est-il encore en vigueur?

Le contrat est suspendu pour le moment. Si, toutefois, le projet n'est pas terminé l'été prochain, nous devrons passer un nouveau contrat.

2. Avez-vous les résultats des analyses des échantillons biologiques prélevés l'été dernier?

De nombreux échantillons de crabe des neiges ont été prélevés; les résultats des analyses figureront dans l'EE. Essentiellement, ils sont tous conformes aux normes.

3. SVP a retenu les services d'un consultant en récupération européen qui a mis en évidence certains problèmes associés à la planification de l'opération de l'été dernier. Une des suggestions formulées consiste à remplacer les deux petites grues par une plus grosse. Par ailleurs, la tourelle de plongée est un matériel désuet, qui expose les plongeurs à des risques. Il existe des navires de plongée plus sûrs et plus efficaces. Allez-vous réexaminer ces questions dans l'EE actuelle?

Du point de vue des experts, l'opération dans sa forme actuelle est conforme à la sécurité. Le contrat est suspendu pour le moment et vos observations seront prises en considération en temps opportun.

4. Quand allez-vous répondre aux questions posées à la fin de la présentation du processus?

Tous ces aspects seront traités dans l'EE.

5. Savez-vous quelle quantité de BPC demeure à l'intérieur de la barge? Quels sont les problèmes que pose la prévision d'un déversement au cours du renflouage?

Non, nous n'avons pas de réponses à ces questions. Le consultant en récupération y répondra ou nous informera des moyens que nous pouvons mettre en oeuvre pour y répondre.

6. D'où fuient les BPC?

Il est possible qu'ils fuient de la canalisation bouclée. Toutefois, nous n'avons pu trouver la source de la fuite ou déterminer s'ils fuient encore.

7. Sera-t-il possible de pomper les BPC avant d'entreprendre le renflouage?

Quand on travaille à cette profondeur, on risque de créer de nouveaux problèmes en cherchant à en résoudre certains autres. Le consultant en récupération examinera la question.

8. Quel est le consultant engagé pour s'occuper de la question des BPC?

Il n'a pas encore été choisi.

9. Quelles sont les différences de caractéristiques physiques entre les BPC et le mazout brut?

Les BPC sont comme de l'huile 1030 et sont plus lourds que l'eau, tandis que le mazout brut ressemble à de la mélasse et est plus léger que l'eau.

10. Jusqu'à quelle distance de la barge s'étend la contamination par les BPC?

Environ 500 mètres.

11. Avez-vous un échéancier prévu avant d'entreprendre le renflouage de l'Irving Whale?

La première étape consiste à publier l'EE. Après, nous tiendrons des réunions publiques, puis nous présenterons le projet au Ministère, qui prendra une décision. Une fois qu'il aura été décidé de mettre le projet à exécution, nous mobiliserons toutes les ressources nécessaires pour renflouer la barge l'été prochain.

12. Allez-vous entreprendre tous les travaux préparatoires avant l'arrivée du matériel de renflouage?

13. Achèverez-vous l'inspection de la canalisation bouclée avant de continuer les travaux?

Le consultant en récupération examinera ces questions.

14. Les BPC sont-ils visibles dans l'eau?

Ils forment des taches dans l'eau.

15. Les vannes du circuit de chauffage sont-elles ouvertes?

Oui, elles le sont.

16. Quel combustible servait à chauffer les BPC?

Du diesel.

17. Savez-vous si le réservoir à diesel est intact?

Le combustible diesel a dû s'en échapper il y a longtemps.

18. Y a-t-il moyen de savoir si le système de chauffage s'est détérioré?

Le consultant en récupération répondra à cette question.

19. La structure de la barge s'est-elle détériorée?

La structure est en bon état. L'épaisseur de la coque n'avait diminué que de 5 % en 1990.

20. Comment la barge a-t-elle coulé?

Elle s'est enfoncée doucement par l'arrière, puis l'avant a reposé lentement.

21. Avez-vous étudié une technique récente qui consiste à placer une feuille de plastique autour d'une épave pour empêcher toute fuite?

22. Quelles sont les mesures d'urgence prévues en cas de déversement ou d'accident?

Toutes ces questions seront traitées dans l'EE.



RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DES ÎLES DE LA MADELEINE

16 JANVIER, 1996

Présences:

Fonction	Nom	Organisation
Modérateur	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
Invités	Michel Mious	
	Diane Vignault	Association Touristique
	Léonard Arsenault	Municipalité de l'Étang du Nord
	Gervais Pomerleau	Écrivain
	Ginette Pomerleau	
	Annie St-Jacques	Le Radar
	Marie Chagnon	Santé Québec
	Marise Giguère	Regroupement Madelinot
	Martin Renaud	
	Pierre Olivier	Regroupement Madelinot
	Damien Turbide	Attention Fragile
	Alivon Dickson	
	Claude Roy	Attention Fragile
	Hélène Chevrier	Attention Fragile
	Richard Desjean	Agriculture-Pêche Alimentation Québec
	André Poirier	
	Édouard Arsenault	Marchand
	Ghislain Bénard	
	André Arsenault	
	Hélène Fauteux	CFIM
	Alphonse Forest	SADC

Pascal Arsenault	Bureau de Comté
Julie Dionne	Regroupement Madelinot
Mario Lapierre	Regroupement Madelinot
Serge Forest	Regroupement Madelinot
Micheline Noël	
Yves Richard	Attention Fragile
Danielle Cyr	Attention Fragile
Gaston Lapierre	Développement de l'Emploi Saisonnier
Manon Dubé	Aide Juridique
Bernise Leblanc	Club D'Ornithologie
Simon Vignault	Pêcheur
Jeannot Gagnon	MRC des
Germain Cyr	Pêcheur
Lauréat Desrands	Pêcheur
Martel Langford	Pêcheur
Yvan Carrière	Pêcheur
François Vignault	Regroupement des Pêcheurs de l'Île des Havres Verts
Paul Jomphe	Chambre de Commerce
Sylvain Bouffard	Chambre de Commerce
Patrick Leblanc	CFTV
Lucie Damours	Attention Fragile
Paul Chevarie	Regroupement des Pêcheurs Professionnels des Îles
Marcel Cormier	Regroupement des Pêcheurs Professionnels des Îles
Suzanne Barette	Attention Fragile
Isabelle Hubert	Biologiste
Georges Gaudette	
Laurie St-Onge	First Informer
Patricia Bell	Attention Fragile
Réjean Lapierre	
Annie Martinet	Regroupement Madelinot
Guy Longue-Épée	Regroupement Madelinot
Aline Danis	Radio-Canada

Denis Cormier	Pêcheur
Yolande Marchessault	
Dominique Gagnon	Attention Fragile
Achille Hubert	Radar
Sébastien Cyr	Regroupement Madelinot
Daniel Arsenault	
Lise Cyr	Regroupement Madelinot
L. Vignault	
Gérald Leblanc	

Fédéral

Ernest Bouffard	GCC Iles de la Madeleine
Jean Bourque	GCC Îles de la Madeleine
Jean Cinq-Mars	ME Montréal
Thérèse Drapeau	ME Montréal
Vincent Jarry	ME Montréal
Jacinthe Leclerc	MPO Québec
Alan McIver	ME Dartmouth
Gérald Poirier	MPO Iles de la Madeleine
Claude St-Charles	ME Québec
Will Vickery	MT Dartmouth

Rapporteur

Yves Duhamel	ARQ Le Groupe
--------------	---------------



RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

DES ILES DE LA MADELEINE

16 JANVIER, 1996

- 1. Il y a eu déplacement de l'élingue avant de la section 25 à la section 29, ce qui représente 32 pieds, ces changements ont-ils été approuvé par le consultant ayant proposé la solution retenue pour remonter l'épave?**

Les calculs ont été vérifiés par des représentants des Ministères Fédéraux, et du contracteur. La solution avancée par Murray Fenton mentionnait qu'il était possible de n'utiliser que deux élingues pour soulever l'épave, mais à aucun moment il n'a mentionné de façon de faire. Le plan actuel est celui du contracteur, et il a approuvé ces changements. L'élingue avant est composé de 27 filins d'acier entrelacé pour augmenter sa solidité.

- 2. Serait-il préférable de retenir les services de Murray Fenton pour valider l'opération?**

Non, il est actuellement engagé par le "Fond de Compensation en cas de Déversement Pétrolier". Pour toutes les questions concernant ce dossier, on doit faire appel au consultant de la Garde Côtière Canadienne.

- 3. Est-ce que les sabots soudés sur la coque représente un quelconque support pour celle-ci, ou ont-ils comme fonction essentielles de maintenir en place les élingues? Est-ce qu'ils empêchent les élingues de toucher le dessous de la coque?**

Oui, la façon dont ils sont placés, ils remplissent toutes ces fonctions.

- 4. Comment se fait-il qu'au début on prévoyait 12 élingues, et que finalement seulement deux seront en place pour remonter l'épave?**

Nous n'avons jamais entendu parler d'utiliser 12 élingues pour cette opération. Ce chaland possède une bonne structure. La remontée de l'irving Whale provoquera une tension de 1,36 tonnes par pouce carré, la structure a été construite pour supporter, dans des conditions de navigation, jusqu'à 3,96 tonnes par pouce carré.

Elle a coulé lentement par la poupe et a touché le fond par l'arrière. Aucun dommage sérieux n'a été noté sur la poupe. Pour ce qui concerne le dessous, elle repose à plat, nous n'avons donc pu l'examiner. Cependant le fond à cet endroit est relativement plat, des rochers y sont éparpillés de façon assez distancés. Il est possible que des roches soient dessous l'épave, et qu'ils aient transpercées la coque.

- 5. Un commentaire que je tient à voir mentionner au compte-rendu, faites attention à la façon dont vous traiterez ce dossier. Une catastrophe peut détruire l'environnement du Golfe et affecter celui des Grands Bancs, qui représente l'un des plus grands garde-manger au monde.**

6. Comment se fait-il qu'un chaland construit pour un usage dans les eaux intérieures et le long des côtes ait pu aller au large?

Lorsque l'on parle de chaland côtier, en anglais "coastal barge", on parle de conditions océaniques. Ce chaland a été dessiné selon les normes de l' "American Bureau of Shipping", c'est là l'une des 10 plus importantes normes de construction navale reconnues internationalement.

7. Pouvons-nous évaluer les BPC restants dans l'épave et est-il possible de trouver l'origine de la fuite?

Il est possible d'évaluer la quantité de BPC enfoui dans les dunes des Îles de la Madeleine, mais nous ne connaissons aucun moyen d'évaluer ceux se trouvant aux environs de l'épave, ou même à l'intérieur. Le consultant en renflouage qui sera choisis devra répondre à ces questions. La réponse à cette question se retrouvera dans l'ÉE.

8. La façon dont ce dossier est traité démontre le manque de sérieux du Gouvernement. Vous étiez prêt à renflouer le chaland et maintenant vous tentez de répondre à des questions, auxquelles vous devriez déjà avoir les réponses. Dans votre présentation, vous avez parlé de décision hâtive, prenez garde à ne pas brusquer les choses et de prendre la mauvaise décision. Pouvez-vous nous assurer que la décision sera réfléchi et prendra en considération nos intérêts et visera à protéger l'environnement?

Lorsque l'on parle de décision hâtive c'est un mauvais choix de mot, en fait nous devons accélérer le processus afin de ne pas rater la fenêtre d'opération l'été prochain.

9. Est-ce que la structure du vaisseau est assez solide pour prendre la tension que l'opération créera dans la structure? Avez-vous évalué l'état de corrosion de l'épave et la réaction possible de la coque lorsque mise sous tension?

Oui la structure peut prendre la tension que provoquera l'opération. Pour ce qui est de l'état de corrosion du navire, une analyse d'échantillons de la coque, pris en 1990, a démontré qu'elle n'avait perdu que 5% de son épaisseur.

10. Étant le danger que représente les BPC, avez-vous prévu des techniques pour les contenir s'il y a un trou dans le fond de l'épave?

Les BPC sont translucides et plus lourd que l'eau, ils iront donc directement au fond. Les BPC n'auront pas tendance à se disperser, mais plutôt à pénétrer la couche de sédiments. Le plan d'urgence sera développé et inclue dans l'ÉE. De plus des modèles ont été étudié si un déversement se produisait au fond, à mi-chemin, ou en haut avant d'être récupéré par le chaland semi-submersible.

11. Lors du renflouage quel est le plan si une élingue se brise lors de la remontée? Avez-vous penser à mettre des élingues de sécurité afin de prévoir un tel scénario?

Les élingues sont composé de 3 sections comprenant neuf filins d'acier chaque. L'opération tel que planifié actuellement est sécuritaire et ne présente pas de problème. Le contracteur est prêt à se présenter aux sessions publiques afin d'expliquer la méthode employée lors du renflouage de l'Irving Whale.

12. Est-ce que la présence des BPC a modifié l'approche de renflouage de l'Épave, étant donné que les BPC peuvent chercher à s'échapper par un trou sous la coque?

Le consultant que nous engagerons devra nous faire des recommandations à cet effet.

13. Étant donné la date tardive à laquelle vous vous prenez pour entamer les procédures, prévoyez-vous des difficultés à rassembler l'équipement?

Le contrat est actuellement suspendu. On estime le délai de six à huit semaines pour mobiliser l'ensemble des ressources pour reprendre l'opération.

14. Étant donné que la coque peut être perforé, est-il possible de combiner un pneumatique avec les élingues afin d'assurer une remontée plus sécuritaire?

Le consultant devra nous donner une réponse à ce sujet.

15. Quel est l'état de la coque à l'intérieur du tunnel que vous avez creusé?

L'acier est en bon état. Elle n'est pas piqué et même à certains endroits la peinture originale est encore visible.

16. Quel quantité est-ce que le chaland qui transportera l'Irving Whale peut prendre?

Il peut prendre la totalité de la cargaison de l'épave.

17. Quel est le diamètre des élingues?

Il est de 10 pouces.

18. Il est important que l'épave soit récupérée le plus tôt possible. Mais, il faut aussi éviter les dégâts, et pour cela 1996 me semble prématuré.

19. Qui va défrayer les coûts de l'opération?

Le Gouvernement en défraiera une partie et la compagnie Irving participera au financement.

20. Est-ce que le Gouvernement prévoit verser une compensation de cinq ans aux pêcheurs si l'opération se transforme en catastrophe environnementale et/ou économique?

21. Comment se fait-il que ce n'est que cette année que l'on a découvert les BPC?

22. Quel a été la méthode utilisé pour creuser le tunnel?

Le tunnel a été creusé à l'aide de boyau à pression.

23. À combien sont évalué les chances de réussite de l'opération?

24. Si la méthode prônée est si sécuritaire, pourquoi avoir attendu après la fin de la saison de pêche aux homards?

Le report du début de l'opération a été décidé suite aux demandes des différentes associations de pêche.

25. Pourquoi est-ce que l'équipement devait quitter à cause du mauvais temps?

26. Qu'arrivera-t-il à l'industrie de la pêche s'il y a un déversement de BPC dans le Golfe St.-Laurent?

L'ÉE répondra à cette question.

27. Quelles sont les avantages et les désavantages du pompage versus ceux de la solution que vous avez retenue?

28. Avez-vous étudié les courants sous-marins entre l'épave et la surface?

Oui, des modèles de courant ont été développés pour évaluer la dispersion possible au travers la colonne d'eau. Les BPC deviendront des petites bulles attirer vers le fond.

29. L'équipement retenu actuellement doit être remorqué. Ne serait-il pas préférable de retenir les services d'un chaland autopropulsé semi-submersible pour recouvrer l'Irving Whale?

30. Est-ce que l'option retenue est basée sur des considérations financières uniquement?

31. Avez-vous des exemples ou un navire coulé depuis 25 ans, avec du mazout et des BPC à son bord, a été renfloué de cette façon?

32. Dans l'actuel projet, est-ce que l'on fait les frais d'une expérience?

33. Afin d'être pleinement rassuré, est-il possible d'avoir une expertise et une contre-expertise?

34. Est-ce que des études ont été faites sur la sécurité additionnelle qu'apporterait des élingues supplémentaires?

35. De qui sera composé le comité d'évaluation? À quel niveau entend-on faire appel aux experts?

36. Qui est imputable pour la réussite de ce projet?

37. Quelles sont les conséquences des BPC sur la santé?

38. Allez-vous publiciser davantage les sessions publiques?

39. Est-ce que les politiciens seront présents lors des sessions publiques?

RENCONTRE AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

HÔTEL PLAZA, STE-FOY

17 JANVIER, 1996

Présences:

Fonction	Nom	Organisation
Modérateur	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
Invités	Jacques Tessier	MAPAQ
	Claude Desgagné	MT Québec
	Jacinthe Lacroix	Sécurité Publique
	Claude Gref	MT Québec
	Michèle Bélancher	Santé Québec
Fédéral	Ernest Bouffard	GCC Îles de la Madeleine
	Marie-Hélène Jalbert	Santé Canada
	Vincent Jarry	ME Montréal
	Jacinthe Leclerc	MPO Québec
	Alan McIver	ME Dartmouth
	Isabelle Ringuet	ME Québec
	Claude St-Charles	ME Québec
	Than Le-Van	Santé Canada
	Will Vickery	MT Dartmouth
Rapporteur	Yves Duhamel	ARQ Le Groupe



RENCONTRE AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

HÔTEL PLAZA, STE-FOY

17 JANVIER, 1996

- 1. Avez-vous estimé la quantité de BPC dans le mazout se trouvant dans les dunes des Îles de la Madeleine?**

Il est estimé que de 400 à 700 litres de BPC ont contaminé le mazout se trouvant aux Îles de la Madeleine.

- 2. Depuis la découverte des BPC le Ministère de la Santé du Canada s'intéresse au dossier. Est-ce que votre échéancier est rigide, car le temps identifié ne nous permettra pas de bien prendre connaissance du dossier?**

Les ministères ont deux fenêtres pour être consultés, soit jusqu'à la fin des audiences publiques. S'il vous manque des documents, il nous fera plaisir de vous les faire parvenir.

- 3. Avons-nous une bonne connaissance des courants?**

Oui.

- 4. Est-ce que l'étude rendra compte de la méthodologie utilisée?**

Les données relatives à ce sujet feront partie du compte-rendu scientifique incluse dans l'ÉE.

- 5. Quel est la densité des BPC par rapport à l'eau?**

Elle est de 1,4. Ce qui signifie qu'ils iront directement au fond.

- 6. Serons-nous capable de faire face à la situation advenant le cas où le pire scénario deviendrait réalité?**

Des modèles sont actuellement développés afin de prévoir la réaction des BPC, et de mettre en place les mesures nécessaires pour y faire face.

- 7. Quelles espèces pourront être les plus contaminées?**

- 8. Est-ce que cette opération entre en conflit avec le plan de rétablissement du béluga déposé par le Ministre Tobin?**

- 9. A-t-on étudié les différents scénarios à travers la colonne d'eau?**

Oui ces différents scénarios ont été regardés.

- 10. Avez-vous envisagé de pomper les BPC?**

Le consultant en renflouage qui sera engagé devra fournir cette réponse pour l'ÉE.

11. Est-ce que les plongeurs peuvent pénétrer à l'intérieur de l'épave?

Non, nous n'avons pas considéré cette option pour des raisons de sécurité.

12. Quel sera l'impact socio-économique des différents scénarios? Avez-vous prévu un volet socio-économique à l'ÉE?

13. Pourquoi avoir disposé les élingues aux extrémités?

Basé sur nos calculs, l'actuel disposition des élingues permet de lever l'épave de façon la plus sécuritaire.

14. Avez-vous considéré que la structure a pu perdre de sa résistance lorsqu'elle a frappée le fond?

Oui, mais les études ont démontré que la structure était en très bon état. Elle a pris trois heures à couler, ce qui laisse supposé que la réception fut lente et non violente.

15. Quelles sont les mesures pratiques comprises dans votre plan d'urgence pour faire face à un déversement de BPC?

Actuellement, nous sommes en train de les développer, elles seront incluses dans l'ÉE.

16. Avez-vous prévu récupérer les BPC qui contamine actuellement le fond?

17. Avez-vous prévu récupérer les sédiments contaminés?

18. Connaissez-vous le taux de sédimentation?

Le courant au fond est de un noeud, le taux de sédimentation est relativement faible.

19. Combien y-a-t-il de treuils à l'arrière?

Il y en a deux.

20. Combien avez-vous prévu de jours de transport entre le site du naufrage et Halifax?

De deux à trois jours sont prévus. Le chaland de transport sera escorté tout au long du chemin et des ports de refuge sont également planifiés en cas de mauvais temps.

21. Combien a coûté l'opération l'été dernier?

Elle a coûté 12,5 millions de dollars.

RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

HÔTEL DES GOUVERNEURS, MONTRÉAL

17 JANVIER, 1996

Présences:

Fonction	Nom	Organisation
Modérateur	Raymond Vles	ARQ Le Groupe
Invités	Roger Laroche	Stratégies St-Laurent
	Daniel Green	SVP
	Martin Bouchard	Envirogestion
	Mathew Brownley	Greenpeace
	Manon Lacharité	UQCN
	Patrice Limoges	SVP
	Patrick Nantel	Groupe de Recherche Écologie-UQAM
	Danielle Cantin	Ass. des Écologistes du Québec
	Beverly Thorpe	Fond Mondial de la Nature
	Marie-F. Turcotte	STOP
Fédéral	Ernest Bouffard	GCC Îles de la Madeleine
	Jean Cinq-Mars	ME Montréal
	Thérèse Drapeau	ME Montréal
	Nathalie Gobeil	ME Montréal
	Isabelle Goulet	ME Montréal
	Ken Hamilton	ME Dartmouth
	Vincent Jarry	ME Montréal
	Alan McIver	ME Dartmouth
	Claude St-Charles	ME Québec
	Donald St-Laurent	ME Montréal

Will Vickery
Yvan Vignault

MT Dartmouth
MPO Québec

Rapporteur

Yves Duhamel

ARQ Le Groupe

RENCONTRE AVEC LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

HÔTEL DES GOUVERNEURS, MONTRÉAL

17 JANVIER, 1996

1. Pourquoi renflouer l'épave?

La décision concernait le mazout, cependant avec les BPC l'urgence s'accroît. De plus le rapport Marek nous donne l'espérance de vie de l'épave, soit 50 ans.

2. Pourquoi est-ce que ce n'est pas la compagnie Irving qui défraie en totalité les coûts rattachés au renflouement du chaland?

En 1970, les Eaux canadiennes ne s'étendaient qu'à 12 milles de nos côtes. La loi de la marine marchande n'avait pas les dents qu'elle a aujourd'hui. Et finalement les BPC étaient utilisés dans beaucoup de produits, il a fallu attendre 1978 avant d'en voir l'interdiction. Les avocats se penchent présentement sur la question afin d'identifier nos recours vis-à-vis Irving.

3. Avez-vous une liste de tous les vaisseaux coulés dans le Golfe?

4. Est-il possible de retirer les serpentins du système de chauffage un à un?

Le consultant en renflouage devra répondre à ces questions, qui seront inclus dans l'ÉE.

5. Comment se fait-il que la concentration en BPC soit de 890ppm près de l'épave?

L'ÉE répondra à cette question, il peut y avoir une fuite. Les échantillons pris étaient très concentrés. Cependant, il est bon de noter que la contamination demeure aux environs de l'épave, les traces de BPC s'amenuisent rapidement pour disparaître au-delà de 500 mètres de rayons.

6. A-t-on ramassé les sédiments avant d'entreprendre les travaux l'été dernier?

Oui.

7. Considérez-vous nettoyer le fond après avoir retiré l'épave?

8. Utilisez-vous la modélisation informatique pour prévoir le mouvement du mazout et des BPC?

Oui.

9. Utilisez-vous la modélisation informatique pour simuler la remontée de l'épave tel que planifié?

Non, les calculs et les données recueillis sur la structure sont suffisants pour nous permettre d'aller de l'avant avec l'opération.

10. Avez-vous trouvé des roches sous l'épave?

Non, il nous a été impossible de voir sous l'épave étant donné qu'elle repose à plat. Cependant, il existe des rochers aux environs du vaisseau, et l'on peut penser qu'il y en a quelques uns sous la coque.

11. Avez-vous évalué la qualité des soudures?

Les soudures sont en bon état, toutes celles qui ont été vérifiées présente peu de corrosion.

12. Est-ce que les conduits du système de chauffage présente des traces de corrosion?

C'est une possibilité, mais étant donné qu'ils sont isolés nous n'avons pu vérifier.

13. Présentement il y a beaucoup de questions concernant les BPC. Serait-il possible de convaincre la Ministre de conduire une évaluation exhaustive avant d'entreprendre les travaux de renflouage?

14. L'apparition des BPC a modifié la question. Pourquoi l'urgence? Qui sélectionnera le consultant?

Quelques consultants qui n'ont pas été impliqués dans le dossier ont été contacté. Celui qui sera retenu devra répondre aux questions touchant l'impact des BPC durant l'opération de remontée.

15. Pouvons-nous refaire l'ÉE, afin de partir sur des bases neuves étant donné la présence de BPC?

Le présent processus n'est pas définitif, la Ministre peut toujours décidé de recommencer tout le processus si notre rapport ne lui donne pas satisfaction.

16. Allons-nous avoir des exemples de renflouement similaire?

17. Pouvons-nous demandé à d'autres compagnies de renflouement leurs avis à ce sujet?

18. Y a-t-il eu une évaluation de la quantité de BPC déversé dans l'environnement?

Non.

19. Lorsqu'il y a eu une plongée l'automne dernier, il y a eu un incident. Avez-vous endommagé l'épave davantage?

Oui, le sous-marin a resté attaché à l'épave environ 20 minutes, mais aucun dommage n'a été causé à l'épave.

RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DE TERRE-NEUVE

ST. JOHN'S

LE 19 JANVIER 1996

Présents :

Fonction	Nom	Organisation
Président	Brian Power	MDE St-John's
Invités	Joe Lake	PCC
	Ken Dominue	Min. Env. T.-N.
	Glenn Worthman	ECLEPB- T.-N.
	John Hodder	Min. Pêches T.-N.
Gouvernement fédéral	Alan McIver	MDE Dartmouth
	Gordon Pells	GCC St-John's
	Wayne Pierce	MDE St-John's
	Guy Sirois	MPO Moncton
	Will Vickery	MPO Dartmouth
Rapporteur	Yves Duhamel	ARQ Le Groupe



RÉUNION AVEC LES REPRÉSENTANTS DU GOUVERNEMENT DE TERRE-NEUVE

ST. JOHN'S

LE 19 JANVIER 1996

1. Combien de BPC y avait-il à bord?

On peut estimer avec précision que 1 680 gallons de BPC se trouvaient à bord de la barge lors de son naufrage.

2. Dans quel état se trouve la structure de la barge?

En 1990, nous avons effectué des tests qui ont prouvé qu'elle était alors en assez bon état. La coque n'avait perdu que 5 % de son épaisseur au fil des ans.

3. Comment l'Irving Whale a-t-il coulé?

Il a coulé lentement et doucement. Il lui a fallu trois heures pour s'enfoncer.

4. Pourquoi a-t-il coulé?

Il faisait tempête et l'eau a embarqué par les portes arrière de la barge. Il est possible aussi que les événements aient été fermés et que l'eau qui avait envahi le pont n'ait pu refouler à la mer.

5. Quels dommages a-t-on observé à l'arrière?

On n'a constaté des dommages que sur les crosses.

6. D'où fuient les BPC?

Il se peut qu'ils fuient de la canalisation bouclée. Cela n'a pu être vérifié parce que la canalisation est recouverte d'isolant.

7. Y a-t-il moyen de déterminer où se trouve la fuite avant de lever la barge?

Le consultant en récupération devra répondre à cette question.

8. Sera-t-il possible de pénétrer dans la salle des machines et de l'inspecter avant de lever la barge?

Oui, mais nous devons tenir compte de la sécurité des plongeurs dans cette opération.

9. Quelle concentration de BPC a-t-on trouvée dans les sédiments entourant la barge?

Le rapport scientifique répondra à cette question. La concentration est très élevée alentour de la barge et diminue rapidement en s'en éloignant, au point de disparaître au-delà de 500 mètres.

10. La structure supportera-t-elle la contrainte de l'opération?

Oui, elle la supportera. La barge a été construite pour supporter une force de 3,96 tonnes au pouce carré, dans des conditions d'utilisation normales. Le levage exercera une force de 1,36 tonne au pouce carré. Nous n'anticipons donc pas de problème à ce sujet.

11. Combien de temps durera la phase de levage proprement dite?

De 12 à 14 heures.

12. Quelle quantité de mazout et de BPC estimez-vous s'être écoulée depuis le naufrage?

Environ 800 tonnes de mazout. Nous n'avons aucune idée de la quantité de BPC écoulée.

13. Quel est le pire des scénarios envisagés pour Terre-Neuve?

Selon notre analyse, il n'y a que très peu de risques que la province soit touchée par un déversement. La région la plus vulnérable est celle des Îles-de-la-Madeleine, puis l'Î.-P.-É., le Cap-Breton, le Nouveau-Brunswick et peut-être la côte ouest de Terre-Neuve.

14. Pourrait-on procéder à l'opération en hiver?

Non, il faut qu'elle se déroule entre juin et août. Même à cette époque, nous devons disposer d'un bon créneau de 48 heures de prévisions météorologiques favorables avant de commencer le renflouage.

15. Combien de temps faudra-t-il pour amener la barge au port après le renflouage?

Le transport prendra de deux à trois jours. Nous ne pourrons emprunter le détroit du Cap-Breton en raison de la grosseur du bateau qui servira à la récupération.

16. Quelles sont les opérations prévues durant le transport?

Aucune pour le moment. Mais une fois la barge sur le navire de transport il faudra la préparer pour la mise en cale sèche à Halifax.

17. Sera-t-il possible d'inspecter le dessous de la barge durant son renflouage?

Cela est trop dangereux pour les plongeurs, mais le consultant en récupération cherchera une solution à ce problème.

18. La hauteur d'eau est-elle suffisante dans le port de Halifax?

Oui, l'eau est suffisamment profonde au chantier maritime de Halifax.

19. Y a-t-il des BPC dans le mazout?

On n'a pas trouvé de BPC dans les échantillons de mazout prélevés dans les trois citernes.

20. De quel type sont les BPC?

Il s'agit d'Aroclor 1242, soit 80 % de BPC et 20 % de trichlorobenzène.

21. Qu'arrivera-t-il en cas de fuite de BPC?

Ils couleront au fond.

22. Combien a coûté l'opération de l'an dernier?

Environ 12,5 millions de dollars.

23. Irving participera-t-elle financièrement à l'opération de récupération?

Oui, en fournissant du matériel d'intervention en cas de déversement. L'entreprise sera aussi responsable de la décontamination et de l'élimination de la barge et de son contenu.

24. Comment allez-vous réduire ou éliminer les risques de déversement de BPC?

L'EE répondra à cette question.

25. Tiendrez-vous des réunions publiques à Terre-Neuve après la publication de l'EE?

La dernière fois, la participation a été plutôt faible. À moins que vous ne la jugiez essentielle, nous n'avons pas l'intention de tenir une réunion publique à Terre-Neuve.

