

Record Number: 450
Author, Monographic: Couillard, D.//Drapeau, G.//Coupal, B.
Author Role:
Title, Monographic: L'huile et l'écologie d'un milieu marin
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1975
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: vii, 112
Packaging Method: pages
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 45
Location/URL:
ISBN: 2-89146-048-0
Notes: Rapport annuel 1975-1976
Abstract: Rapport rédigé pour Ashland Oil Canada Ltd
20.00\$
Call Number: R000045
Keywords: rapport/ ok/ dl

L'huile et l'écologie d'un milieu marin

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 45
1975

Rapport rédigé pour
Ashland Oil Canada Ltd.

par

D. Couillard, G. Drapeau, B. Coupal

L'huile et l'écologie d'un milieu marin

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 45
1975

Rapport rédigé pour
Ashland Oil Canada Ltd.

par

D. Couillard, G. Drapeau, B. Coupal

ISBN 2-89146-048-0

DEPOT LEGAL 1975

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 1975 - Institut national de la recherche scientifique

L'huile et l'écologie d'un milieu marin

Résumé

Après une revue des conséquences générales sur l'écologie d'un déversement d'huile dans le milieu (effets sur l'homme, les animaux à sang chaud, approvisionnement en eau, poissons et organismes aquatiques, plage, flore aquatique, oxygène dissous dans l'eau) on décrit l'impact réel sur ces variables de la construction du port et de la digue.

On évalue également l'impact le long de la route maritime en énumérant des zones spéciales à conserver.

Dans le cas d'un déversement accidentel, le rapport étudie les mouvements d'une nappe d'huile et propose, après une revue des méthodes existantes, des mesures à prendre pour la prévention, la retenue et la récupération de cette nappe d'huile.

Le rapport termine en proposant une procédure d'aménagement du port et des aides à la navigation et une procédure de surveillance et de contrôle des déversements d'huile.

Mots-clé:

huile, pétrole, port, super-port, écologie, environnement, marin, mer, fleuve, navigation, maritime, déversement, fuite, prévention, retenue, récupération, surveillance, contrôle.

Référence:

Couillard, D., Drapeau, G., Coupal, B. (1975). L'huile et l'écologie d'un milieu marin. INRS-Eau, *rapport scientifique* no 45, 112 p. (Pour Ashland Oil Canada Ltd).

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
RESUME	i
1 ETUDE DES CONSEQUENCES GENERALES SUR L'ECOLOGIE	1
1.1 Introduction	1
1.2 Importance du problème	1
1.2.1 Aspects économiques	1
1.2.2 Aspect pollution des eaux	3
1.3 Evolution des conséquences	5
1.3.1 Effet chez l'homme et les animaux à sang chaud	5
1.3.2 Effet sur les approvisionnements en eau	5
1.3.3 Effet sur les poissons et les organismes aquatiques	9
1.3.4 Effet sur les plages	12
1.3.5 Effet sur la flore aquatique	13
1.3.6 Effet sur l'oxygène dissous dans l'eau	13
2 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT LOCAL	15
2.1 Introduction	16
2.2 La présence d'huile et le milieu marin	16
2.3 L'effet du port	18
2.4 L'impact à l'environnement le long de la route maritime	20
2.5 Zones spéciales à préserver	24
2.6 Recommandations et conclusions	27
3 IMPACT DE LA DIGUE SUR L'ECOLOGIE	30
3.1 Construction of Kamouraska port and jetty and their effects on marine environment	31

TABLE DES MATIERES (Suite)

	<u>PAGE</u>
4 MOUVEMENTS D'UNE NAPPE D'HUILE	34
4.1 Rate and possible extent of oil spills between Grande-Ile and Cabot Strait	35
4.2 Fate of oil spills near Grande-Ile	35
4.3 Circulation patterns in the Estuary and Gulf St.Lawrence	38
4.4 Conclusion	47
4.5 Bibliography	48
5 MESURES A PRENDRE EN CAS DE DEVERSEMENTS D'HUILE SUR LE SAINT-LAURENT	51
5.1 Introduction	52
5.2 La prévention	55
5.2.1 Plan administratif	55
5.2.2 Plan technique	55
5.3 Retenue des nappes d'huile	59
5.3.1 Préliminaire	59
5.3.2 Considérations théoriques	59
5.3.3 Considérations pratiques	64
5.3.4 Agents regroupants	66
5.3.5 Mouvement des nappes d'huile	66
5.4 Récupération	69
5.4.1 Préliminaire	69
5.4.2 Choix de l'absorbant	69
5.4.3 Epan dage	77
5.4.4 Récupération mécanique du mélange	78
5.4.5 Séparation de l'huile et de l'absorbant	78
5.4.6 Destruction de l'absorbant	78
5.4.7 Combustion	79
5.4.8 Dispersants	79

TABLE DES MATIERES (Suite)

	<u>PAGE</u>
5.5 Plan d'action pour combattre la pollution générée par un déversement d'huile	81
5.5.1 Localisation des nappes	81
5.5.2 Types d'huile	81
5.5.3 Diques flottantes	82
5.5.4 Récupération	82
5.5.5 Autres méthodes	82
5.5.6 Dimensions des nappes	82
5.6 Recommandations	88
5.7 Bibliographie	90
6 AMENAGEMENT DU PORT ET DES AIDES A LA NAVIGATION	92
6.1 Introduction	93
6.2 Accostage dans des conditions difficiles	93
6.3 Mesures de contrôle des pertes de pétrole au cours du transbordement	94
6.4 Aides à la navigation	96
7 PROCEDURE DE SURVEILLANCE ET DE CONTROLE DES FUITES D'HUILE	100
7.1 Introduction	101
7.2 Causes des fuites	101
7.3 Mesures possibles	101
7.3.1 Défauts de conception	101
7.3.2 Défaillances mécaniques	102
7.3.3 Fuites durant les transbordements	102
7.3.4 Erreurs humaines	103
7.3.5 Décharges illégales	103

TABLE DES MATIERES (Suite)

	<u>PAGE</u>
7.4 Détection des autres fuites	103
7.5 Télédétection	104
7.6 Traitement des images	106
7.7 Instrumentation	106
7.8 Identification des nappes	107
7.9 Conclusion	107
7.10 Bibliographie	108
8 APPARENCE DES INSTALLATIONS PORTUAIRES DE GRANDE-ILE, KAMOURASKA	 109

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
1 Map showing the movement of oil slicks in the St.Lawrence Estuary near l'Ile-aux-Lièvres and l'Ile-Verte	36
2 Current velocities in Cabot Strait	40
3 Current velocities in the St.Lawrence Estuary	40
4 Typical summer circulation pattern in the Gulf of St.Lawrence	42
5 Autumn surface circulation in the Gulf of St.Lawrence	44
6 Field of the surface geostrophic currents in the Gulf of St.Lawrence	45
7 Retenue de l'huile (densité: 0.85)	62
8 Retenue de l'huile (densité: 0.95)	63
9 Pouvoir absorbant de la tourbe en fonction de la viscosité de l'huile	76
10 Modèle de barrage flottant	98
11 Schéma du réseau de radar sur le fleuve Elbe	99
12 Apparence d'un port super-pétrolier à Grande-Ile, Kamouraska	112

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
1 Apparence de l'huile sur l'eau	53
2 Capacité d'absorption pour l'huile	71
3 Tourbe nécessaire pour enlever 100 gms d'huile d'une nappe de 1/16" d'épaisseur	72
4 Capacité d'absorption de la tourbe et de la perlite	72
5 Absorbants - critère de sélection	74
6 Caractéristiques des étendeurs de tourbe	77
7 Situation en haute mer	84
8 Situation en eau calme	85
9 Nappes sur les rivages	86
10 Situation sur la glace	87



1 ETUDE DES CONSEQUENCES GENERALES SUR L'ECOLOGIE



1.1 INTRODUCTION

Une étude des conséquences de la pollution des eaux douces et salées doit commencer par l'examen du rapport "Oily Substances and their Effects on the Beneficial Uses of Water" (1). La pollution par l'huile est néfaste pour la vie sauvage et cette pollution détruit les domaines de pêches autant en mer que dans les eaux intérieures. De plus, cette pollution tue un grand nombre d'oiseaux aquatiques. En effet, les oiseaux qui se posent sur une terre ou une eau recouverte d'huile souillent leur plumage d'huile et ne peuvent habituellement plus voler. Aussi, le plumage des oiseaux recouvert d'huile perd ses propriétés hydrofuges et thermiques; ce qui entraîne une perte excessive de chaleur, et la mort de l'oiseau. De même, l'ingestion d'une petite quantité d'huile par l'oiseau entraîne l'empoisonnement et la mort. L'huile détruit aussi la vie aquatique et la nourriture pour les poissons et les animaux. Une petite quantité d'huile donne mauvais goût aux poissons et aux crustacés et souvent les rendent impropres à la consommation par les humains.

1.2 IMPORTANCE DU PROBLEME

1.2.1 Aspects économiques

Il est donc évident que la pollution d'une nappe d'eau par l'huile qui,

très souvent, provient d'un écoulement à partir d'une barge ou d'un bateau, peut affecter fortement l'économie de la région polluée. Ces fuites sont provoquées par des accidents ou par la négligence dans la manipulation de l'huile brut lors du transport et des transbordements.

Le manque d'information sur la perte en dollars associée à la pollution par l'huile est un problème et il est urgent de traduire en terme économique les effets négatifs de la pollution. Lorsqu'on aura chiffré le coût des pertes, la communauté pourra alors faire la part des choses entre la valeur relative associée à la diminution de l'environnement et les avantages fournis par le pétrole. Cette évaluation est particulièrement présente si on se rappelle qu'au cours du siècle dernier, l'huile a fourni une proportion toujours plus grande d'une demande d'énergie s'accroissant rapidement. En particulier, en Europe (2) et au Royaume-Uni, le gaz naturel et l'énergie nucléaire contribuent à satisfaire à la demande totale d'énergie. Par contre, la consommation de charbon diminue et celle de l'huile continue à doubler à chaque décade.

Ceci s'applique aussi au Québec, puisque d'après le rapport "Les Objectifs d'une Politique Québécoise de l'Energie" (3), les importations de pétrole brut ont augmenté en moyenne de 5 à 6%. En fait, tous les

produits pétroliers sont obtenus en important le pétrole brut et en l'acheminant par train, par oléoduc et finalement dans la plupart des cas, par camion citerne. Présentement rien n'indique un relâchement de la demande d'huile et les réserves connues et découvertes continuent à suivre la demande croissante.

1.2.2 Aspect pollution des eaux

Après la dernière guerre mondiale, on favorise de plus en plus l'idée de raffiner le pétrole brut dans les pays consommateurs plutôt que dans le pays producteur. Cette prise de position a pour effet d'augmenter considérablement le nombre de cargos malpropres et dès lors la possibilité de polluer les mers. Cependant, l'avènement de super pétroliers réduit le nombre de voyages et tend à compenser cet effet.

Bien que l'avènement du super-pétrolier a joué un rôle important en séduisant la distance totale parcourue et par là, les risques de collisions ou d'autres accidents en mer. De même, il y a réduction de nombre de remplissage et de vidange. Mais ceci n'est vrai que dans le cas où l'accroissement du volume utile des navires aurait été accompagné d'une diminution du nombre de ces navires. Tel n'est pas le cas; la situation actuelle est que non seulement le nombre de pétroliers en usage a augmenté de 20% pour 7 ans (2), mais leur volume utile a augmenté aussi. Il y aurait définitivement une augmentation dans les possibi-

lités de collisions ou d'accidents entre pétroliers et aussi une augmentation du risque de pertes d'huile lors des remplissage et des décharges.

Toutefois, il faut se rappeler que les super-pétroliers possèdent plusieurs réservoirs de dimensions plus réduites. En effet, un sous-comité consultatif de l'Organisation Intergouvernementale Maritime (IMCO - Intergovernmental Maritime Consultative Organisation) se réunissait au mois de mars 1971 pour étudier la conception et l'équipement des navires et a développé une proposition pour limiter les dimensions des réservoirs dans les futurs pétroliers afin de minimiser l'écoulement d'huile en cas de collisions ou d'échouement. Ce sous-comité a tenté d'allouer aux constructeurs, le maximum de liberté pour l'installation de mesures préventives comme les doubles fonds et les doubles parois. On a supposé des dommages normaux aux coques des navires pour des collisions et des échouements et on a évalué le volume des réservoirs. Pour un navire avec une coque à parois étanches, une collision enfonçant le flanc entre deux réservoirs, laissera échapper toute l'huile. De même, on a évalué que lorsqu'un échouement ouvre le fond d'un navire à la jonction de quatre réservoirs, les pertes d'huile totaliseront le tiers de la capacité, à moins qu'on se soit muni de certains arrangements spéciaux. Les conséquences de ces accidents ne doivent pas dépasser une limite d'écoulement théorique d'huile fixée par

le Comité de Sécurité Maritime (MSC - Maritime Safety Committee). Ce comité a décidé que la limite maximum de pertes dans ces accidents était de 30,000 m³ d'huile. Cette proposition est un amendement à la Convention pour la Prévention de la Pollution de la Mer par l'Huile.

De même, la demande toujours croissante pour l'huile et parallèlement la demande aussi croissante d'eau fraîche pour les usages domestiques et industriels, de plages propres et d'eaux côtières pour les loisirs font que tous les efforts doivent être faits pour concilier ces demandes apparemment contradictoires.

1.3 EVALUATION DES CONSEQUENCES

1.3.1 Effet chez l'homme et les animaux à sang chaud

Lorsqu'on évalue le danger que représente la pollution d'une eau par l'huile, on doit réaliser que la fraction du pétrole qui cause le plus de dommage est, ordinairement, celle qui est formée de composés très stables. Dans une expérience dans un réservoir, on a pu voir une huile flotter sans changement pendant près de 18 mois. D'autres expériences pour évaluer le comportement de l'huile sur une étendue d'eau ont démontré que 15 tonnes de mazout couvrent une surface de près de 8 milles carrés, 6 jours après avoir été répandues. De plus, les mêmes expérien-

ces ont démontré que sous l'effet des vents et des marées, la nappe d'huile dérive jusqu'au delà de 20 milles en 8 jours.

Il est remarquable de constater le peu d'information que l'on trouve dans la littérature scientifique sur les effets toxiques de l'ingestion d'huile par l'homme ou les animaux à sang chaud. Apparemment, on suppose que l'homme ne peut pas souffrir de boire une eau polluée par l'huile parce que le goût et l'odeur vont rendre l'eau inacceptable bien avant qu'un degré chronique de toxicité soit atteint. Bien que cette hypothèse soit vraie pour quelques substances huileuses, elle néglige la présence de produits cancérigènes. (4)

Dans le même ordre d'idée, il existe si peu d'information sur les effets toxiques des substances huileuses sur le bétail et les animaux sauvages qu'il serait futile d'en parler. Des études au cours desquelles des moutons, des bêtes à cornes et des porcs ont bu de l'eau polluée par du pétrole ont montré des effets nocifs dus, probablement, aux propriétés laxatives des huiles. Chez les chiens, une concentration de 10 parties par 1,000 a causé des convulsions, tandis qu'une concentration de 25 parties par 1,000 a donné la mort. Le département de la Santé de l'Ohio a fixé une limite de 30 mg/l pour les huiles émulsifiées dans les ruisseaux traversant les pâturages. Ici, il faut rappeler que la mesure de la contamination de l'eau par le pétrole en mg/l n'est pas suffisante parce qu'une même quantité d'huile peut produire des effets très diffé-

rents du point de vue biologique. De plus, le terme mg/l d'hydrocarbures perd toute sa signification lorsque l'huile flotte en surface. C'est pourquoi, lorsque nous parlons d'eau potable, il est important de mesurer le contenu d'hydrocarbures dispersés car une eau potable contenant du pétrole dispersé est plus néfaste à la santé qu'une eau ayant du pétrole à sa surface. Après tout, il ne faut pas se limiter à ce qu'on voit à la surface de l'eau, mais nous devons savoir ce qui va dans l'eau; c'est pourquoi la quantité totale d'huile perdue dans une rivière est peut-être plus importante que la concentration. Pour l'homme, l'aspect majeur de la pollution de l'eau par le pétrole réside, dans doute, dans la contamination de l'eau potable.

1.3.2 Effet sur les approvisionnements en eau

L'aspect le plus sérieux de la pollution des cours d'eau par l'huile est, probablement, la possibilité de contaminer les sources d'eau potable. En effet, les cours d'eau sont de plus en plus utilisés comme source d'eau potable. On peut donc s'attendre à ce qu'il y ait des accidents qui obligent à condamner une ou des prises d'eau pour une municipalité ou un village. De plus, il ne faut pas sous-estimer les effets nocifs de la pollution par l'huile sur les divers traitements de l'eau et l'interférence sur les procédés de coagulation, floccula-

tion, sédimentation et de filtration. Enfin, la demande d'oxygène accrue d'une eau polluée par l'huile peut réduire appréciablement la marge de sécurité.

En dépit de l'usage étendu des produits pétroliers, il y a, relativement, peu d'empoisonnements rapportés. La toxicité des produits pétroliers est étroitement reliée à leur point d'ébullition. En effet, les produits qui se distillent à une température inférieure à 150°C, incluant l'éther, le naphta et le benzène, sont toxiques lorsqu'on les avale ou qu'on en respire les vapeurs. Des doses aussi petites que 8 à 10 g. de pétrole se sont avérées toxiques pour les jeunes enfants, quoiqu'il soit habituellement difficile de préciser la quantité réellement absorbée. Une gorgée de kérosène (quantité équivalente à 1¼ once environ) a tué un bébé de 14 mois en 2 heures.

Chez les adultes, l'inhalation de vapeurs de pétrole en concentration d'une partie de 1,000 produit la somnolence en 15 minutes et le vertige en une heure. Chez les chiens, une concentration de 10 parties par 1,000 a causé des convulsions, tandis qu'une concentration de 25 parties par 1,000 a donné la mort (1). On voit donc que les quantités qu'on peut absorber à cause d'une contamination de l'eau par l'huile sont relativement petites. Par contre, les effets sur le goût et l'odeur sont suffisants pour empêcher qu'une quantité considérable soit absorbée. Kirkor () a déterminé que pour une huile les concentrations seuils où apparaissent des odeurs se situent entre 0.1 et 0.5 mg/l.

Les odeurs, en particulier celles des composés phénoliques, même sous forme de trace, sont considérablement amplifiées par la chloration de l'eau. Il y a des chlorophénols dont l'odeur est très déplaisante. Il faut donc considérer les effets de ces odeurs non seulement en fonction de l'eau potable pour la consommation domestique, mais aussi en fonction de l'eau potable utilisée dans l'industrie pour la préparation des aliments et des breuvages. La loi exige que l'eau utilisée dans l'industrie alimentaire, ainsi que l'eau utilisée comme eau de refroidissement dans les conserveries ait un même degré de pureté que l'eau potable.

1.3.3 Effet sur les poissons et les organismes aquatiques

Les substances huileuses sont, généralement, nocives pour les poissons et les organismes aquatiques. L'huile et les émulsions d'huile peuvent recouvrir les ouies des poissons et diminuent les échanges gazeux entre l'organisme et son environnement aqueux. Heureusement, les poissons possèdent, jusqu'à un certain point, un mécanisme de défense contre l'huile. En effet, lorsqu'un poisson baigne dans une eau contenant des substances irritantes, il secrète un film épais de mucus qui nettoie les ouies de la substance nuisible. Toutefois, lorsque la concentration d'huile est forte et forme un film très épais sur le poisson, la sécrétion du mucus n'est pas suffisant pour nettoyer complètement les ouies; le pétrole s'accumule petit à petit et provoquera l'asphyxie de l'organisme.

Ici, il est utile de souligner que, pour la vie aquatique, la connaissance d'un danger pour la vie aquatique résultant de la pollution de l'eau par l'huile ne date pas d'aujourd'hui. Déjà en 1921, Gutsell, du Bureau des Pêcheries des Etats-Unis, résumait les effets nocifs, connus à cette époque, résultant de la pollution de l'eau par l'huile et les goudrons. Il déclara alors:

"La décharge d'huiles de toutes sortes est telle que dans certaines régions on a proposé d'écumer l'huile de l'eau de certains ports et de la traiter pour l'utiliser".

De même, le même auteur déclare:

"Les dangers de contamination fatale par les substances toxiques semblent parvenir surtout des usines des gaz, ---, des pétroliers et autres bateaux mus par moteurs diesels, capables d'utiliser le goudron, les huiles de goudron et une grande variété de distillats du pétrole. Ces produits pétroliers sont nettement dommageables pour les poissons, soit par une action toxique directe ou en recouvrant les ouies et en empêchant ainsi une respiration normale".

La pollution par l'huile affecte les pêcheries de plusieurs façons; le poisson peut être directement tué ou repoussé par le pétrole. Les coquillages de fond, tels les huitres peuvent être tuées ou rendues malades par les dépôts par sédimentation de substances pétrolifères

au fond du cours d'eau. En particulier, il y a plusieurs grandes rivières navigables qui servent de frayères ou de routes vers les frayères pour les poissons. Dans ces cas, il y a mort des oeufs et des larves qui flottent à la surface. Plusieurs larves délicates nagent à la surface ou tout près de la surface et sont rapidement tuées par un film d'huile s'étendant à la surface de l'eau. L'huile détruit aussi le plancton et les animaux servant de nourriture aux larves et aux poissons. De plus, il est important de noter que les substances huileuses teignent la chair des poissons et des mollusques et par le fait même rendent beaucoup plus difficile la vente de ces aliments. La concentration en ppm des produits pétroliers causant la mort d'un poisson dépend beaucoup de la nature de l'huile. Il y a même certaines huiles qui, en apparence, contiennent aucune substance toxique, mais quand elles sont mélangées à l'eau cause une mort rapide aux organismes aquatiques. Chipman et Galtsoff rapportent qu'une huile brute à une concentration aussi faible que 0.3 mg/l est extrêmement toxique pour les poissons d'eau douce.

Une expérience russe sur l'effet toxique des huiles sur les poissons a montré qu'un poisson nageant dans une eau contenant une concentration de 0.3 mg/l de pétrole possède un temps de survie moyen d'environ 17 jours; plusieurs poissons sont morts après 6 ou 7 jours d'expérience. A une concentration 10 fois supérieure, le temps de survie moyen était d'environ 3 jours.

Gutsell () constatant la disparition rapide des pêcheries maritimes sur certaines parties de la côte Est des Etats-Unis écrivait:

"Les oeufs des poissons de mer qui ne cherchent ni une eau fraîche, ni une eau saumâtre, ni le rivage pour pondre diffèrent de ceux des poissons d'eau douce en ce sens qu'ils flottent. Dans plusieurs cas, les larves flottent aussi pour un certain temps. Ce qui fait que les pêcheries sont gravement en péril car on peut difficilement concevoir l'éclosion des oeufs et le développement normal des petits dans un milieu huileux. Les oeufs des huîtres et des autres crustacés ne flottent pas à la surface mais sont entraînés de haut en bas, parfois jusqu'à la surface, par les courants. Un danger particulier les menace du fait que l'huile comme les larves ont tendance à s'accumuler dans les remous".

Enfin, il est utile de mentionner que des expositions prolongées à de très petites concentrations de pétrole sont aussi mortelles. Par exemple: des solutions de goudrons et de pétrole causant une mort rapide à une concentration de 66 ppm et plus, provoquent à une concentration de 13 à 33 ppm une mort lente après 1 à 3 jours.

1.3.4 Effet sur les plages

Les plages utilisées pour la baignade et d'autres loisirs sont rendues inutilisables lorsqu'elles sont polluées et recouvertes par l'huile.

Sur les plages et les côtes nord américaines, il est évident qu'il existe un problème de pollution par les huiles et les goudrons. Le problème n'est pas localisé; en effet, le secrétariat des Nations Unis a fait une enquête dans 42 pays au sujet du problème de la pollution par l'huile dans les eaux côtières et dans les ports. La réponse des divers gouvernements indique qu'en règle générale, il y a un réel problème dont l'ampleur varie d'un pays à l'autre.

1.3.5 Effet sur la flore aquatique

Les oiseaux et les poissons ne sont pas les seules espèces écologiques affectées par une pollution par le pétrole. En effet, les zones de croissance des plantes des marais peuvent être éliminées temporairement par l'huile. Heureusement, avec le temps les huiles se décomposent et après un coup de pollution, la végétation a une chance de reprendre lorsque les dérivés du pétrole sont décomposés. Il faut noter ici que si la végétation est soumise à plusieurs attaques de pollution par l'huile, le phénomène de récupération par les plantes des marais diminue beaucoup et devient pratiquement inexistant.

1.3.6 Effet sur l'oxygène dissous dans l'eau

On sait que le pétrole utilise l'oxygène dissous dans l'eau et qu'il empêche le transfert de l'oxygène de l'air à l'eau. De plus, la demande

en oxygène de l'huile est plutôt élevée. Ce fait a tendance à diminuer beaucoup l'oxygène dissous dans les eaux polluées par l'huile.

La plupart des huiles sont dégradées par l'action biologique. Le taux de cette action varie avec le nombre et le type de microorganismes, avec l'oxygène disponible, avec la température, avec la concentration du pétrole et, inversement, avec la dispersion de l'huile dans l'eau. Comme on peut le penser, si une molécule d'huile est en contact continue avec une eau à une température tempérée d'environ 15 à 35°C, la dégradation par les microorganismes est rapide. Néanmoins, il y a une certaine décomposition de l'huile par les microorganismes à 0°C.

L'oxygène nécessaire pour l'oxydation totale de 1 litre d'huile lourde est estimée à 3,300,000 mg. En supposant que l'eau de mer ayant une salinité de 30-35% soit saturée en oxygène à 15°C (environ 8 mg d'oxygène dissous par litre) et que le litre d'huile soit finement dispersé, il faudrait pour oxyder toute l'huile, tout l'oxygène contenu dans 400,000 litres d'eau de mer. Ce volume d'eau de mer équivaut à 400 m³. D'après ces données, il est évident que toutes décharges de pétrole ou de déchets contenant du pétrole provenant de bateaux en mouvements doit se faire à un taux très lent et finement divisé pour que le polluant soit dispersé dans un très grand volume d'eau.

2 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT LOCAL

2.1 Introduction

La présence d'un port à eau profonde pour super-pétroliers dans l'estuaire moyen du St-Laurent précisément à Grande-Ile de Kamouraska n'est pas sans susciter certaines appréhensions. On est en droit de se demander que serait l'impact d'un tel projet sur l'écologie du milieu.

Plusieurs facteurs sont à considérer avant l'implantation d'un centre pétrolier. L'écosystème du milieu ambiant et les conditions de navigation sont entre autres autant de points importants dont il faut tenir compte. L'étude de l'impact d'un port pétrolier peut se ramener aux considérations suivantes:

1. La présence d'huile et le milieu lui-même;
2. L'effet du port sur l'environnement;
3. L'impact sur le milieu par suite d'avaries de navigation le long de la route suivie par les pétroliers.

2.2 La présence d'huile et le milieu marin

La présence d'huile ou de résidu de pétrole peut avoir une influence sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu marin.

Les nappes d'huile persistantes en surface empêchent la formation de vagues, diminuent le brassage de l'eau et par conséquent, son aération. Il peut s'en suivre une diminution de l'oxygène dissout, essentiel à la vie marine.

L'huile en fines particules peut s'agglutiner par un phénomène quelconque d'absorption aux particules en suspension dans l'eau. Ces particules de caractère plutôt organique que minéral, jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire. On les retrouve sur les fonds de sédimentation, lieux privilégiés de nourriture de plusieurs espèces marines.

La production primaire et la teneur en chlorophylle peuvent être influencées par la présence d'huile. Une couche persistante d'huile pourrait retarder le processus de formation de chlorophylle qui se produit surtout en surface et à une faible profondeur (5m). Ceci est particulièrement important dans le secteur de l'estuaire maritime, et des eaux gaspésiennes où on rencontre dans le premier secteur, le maximum de sels nutritifs et dans le second, le maximum de productivité primaire.

Le zooplancton peut absorber une certaine quantité d'huile sans qu'apparemment son organisme en soit affecté. On a constaté ce phénomène à la suite d'un naufrage d'un pétrolier. Jusqu'à 10% d'huile présente dans la colonne d'eau, était associée au zooplancton dont les fèces contenaient jusqu'à 7% d'huile. Le zooplancton entrant dans la chaîne alimentaire, est absorbé par différents organismes supérieurs qui servent à leur tour de nourriture aux coquillages, crustacés, etc... Il se produit ainsi un phénomène d'accumulation plus ou moins important d'huile qu'on peut retrouver chez le poisson à la longue.

L'huile n'a pas d'influence directe sur les éléments métalliques qu'on peut rencontrer dans l'eau de mer. Mais indirectement, elle peut s'associer à ces éléments qui entrent dans certains cas, dans le cycle alimentaire comme catalyseur du système enzymatique. On constate fréquemment des enrichissements

de quelques éléments métalliques dans les êtres vivants. On peut présumer que des particules d'huile seraient entraînées en même temps par le même processus.

2.3 L'effet du port

La présence d'une île près d'un chenal relativement profond faciliterait certainement l'implantation d'un port pour super-pétroliers. Le dragage serait d'autant simplifié. La Grande-Ile de Kamouraska offrirait cet avantage. La construction d'un quai à cet endroit ne présenterait pas, semble-t-il, de difficultés techniques.

Quel serait l'effet sur l'environnement ? Cette île est située dans le secteur de l'estuaire moyen caractérisée par une eau plutôt saumâtre de salinité de 22‰ au maximum, transportant un grand nombre de particules en suspension ainsi que des polluants chimiques d'après ce que laissent entrevoir les quelques travaux faits à date sur la qualité de l'eau dans ce secteur. La productivité primaire et secondaire est assez faible.

La présence d'huile ou de résidus de pétrole est pratiquement inévitable dans un port de transbordement. Les quantités peuvent être minimales, si on prend les précautions nécessaires. La technique moderne qui a encore des progrès à faire, il est vrai, a mis au point des méthodes d'une certaine efficacité. Le problème se résume à empêcher la propagation des nappes d'huile. Si malgré tout, l'huile se répand, il y a peu de risque, malgré l'effet de la marée montante, que le rivage en amont, soit affecté vu un courant assez fort vers l'aval. La région plus à l'est, serait la plus susceptible d'être envahie par l'huile.

La flore de la zone inter-tidale qui recouvre les batures parfois assez étendues dans la région et qui est recherchée par les oiseaux aquatiques migrateurs ou autres, serait la première à subir les effets nocifs du pétrole. La présence prolongée d'huile peut détruire en bonne partie la végétation.

Les oiseaux sont particulièrement sensibles à la présence d'huile qui fait perdre au plumage son imperméabilité et son isolation calorifique provoquant une perte de chaleur allant même jusqu'à la mort. L'ingestion d'huile d'une façon ou d'une autre en se nourrissant de plantes ou d'animaux même légèrement imprégnés de pétrole, peut causer un empoisonnement.

La présence d'un port à Grande-Ile aurait pour effet de chasser les oiseaux qui ont l'habitude d'y faire leur nid. Cet handicap à la reproduction ne serait pas trop sérieux en autant que les autres îles du voisinage ne seraient pas touchées par ce développement industriel.

Quant à la faune aquatique dans ce secteur, elle a peu d'importance. La présence de crustacés est négligeable. Les coquillages de petite taille sont apparemment en faible quantité. Il n'y aurait pas possibilité d'exploitation commerciale. Il n'y a pas eu cependant d'inventaire de fait. Le poisson représente des captures assez faibles moins de 500,000 lbs par saison dont 80% est de l'anguille. Le gros de cette pêche cependant se fait à l'automne dans la région de Rivière Ouelle qui a très peu de possibilité d'être incommodée par la présence d'un port pétrolier à Grande-Ile.

La pêche se pratique au moyen d'engins fixes qui découvrent à marée basse. En aval de Kamouraska il y a un certain risque que ces engins soient endommagés par la présence de nappes d'huile qui s'approcheraient du rivage. Le nombre est toutefois restreint. Les dommages possible à la faune sont donc assez aléatoires.

L'établissement du port devrait se faire avec le minimum d'installation afin de modifier le moins possible l'environnement sur l'île même. Du côté du large on peut entrevoir peu de changement dans le courant. Mais il n'en sera pas de même entre l'île et la terre ferme. La présence de nombreux tuyaux d'amené de l'huile pourrait changer le comportement des courants en favorisant ou non le phénomène de sédimentation.

Le travail de génie devrait être fait en fonction du respect des lieux en les modifiant le moins possible. Toute la tuyauterie devrait être enfouie à moins de raisons sérieuses. Les réservoirs de storage devraient être installés au sud du village dans un endroit assez retiré pour ne pas nuire à l'esthétique de la région. Il est bien important que la berge reste intouchée et ne serve que de passage à la tuyauterie pour ne pas détruire la vie biologique.

On doit penser également au potentiel récréatif. Kamouraska même, représente un potentiel très faible sur ce plan si ce n'est la chasse aux oiseaux aquatiques. La présence du port n'empêcherait pas cette chasse. Le territoire en serait probablement quelque peu déplacé. Le potentiel récréatif est beaucoup meilleur à l'est où existent des endroits de villégiature réputés comme Notre-Dame-du-Portage, St-Patrice, Cacouna.

La navigation de plaisance est pratiquement inexistante dans la région. L'aménagement de marinas prévisibles dans le plan de développement touristique pourrait contribuer à son développement, mais dans une certaine limite vu les difficultés de navigation de plus en plus grandes en descendant l'estuaire. La région de Kamouraska ne se prête pas à ce développement. Il y a de plus grandes possibilités au quai de Rivière Ouelle et de Rivière-du-Loup pour ne nommer que ces deux endroits.

2.4 L'impact à l'environnement le long de la route maritime

Un aspect important à considérer est l'impact que pourrait produire les avaries de navigation survenant le long de la route maritime des super-pétroliers pour atteindre le port de Grande-Île.

Le St-Laurent est déjà fréquenté par un bon nombre de pétroliers. Les accidents maritimes toujours possibles, sont très rares à date. Un super-pétrolier est-il plus dangereux que dix pétroliers de tonnage moyen?

L'ampleur des dommages causés par l'huile dépend du sérieux de l'avarie et surtout de l'endroit où l'accident se produit. A l'heure actuelle, la contamination causée par l'huile dans l'estuaire et le golfe sont loin d'avoir atteint le degré de pollution qui causerait des répercussions immédiates. On a fait certaines études pour déceler la présence de pétrole. Sans entrer dans les détails, on constate dans l'estuaire maritime à l'embouchure du Saguenay, que la teneur en résidus de pétrole est de 1 à 5 $\mu\text{g/L}$. Cette teneur a tendance à augmenter en gagnant le golfe pour atteindre 5 à 10 $\mu\text{g/L}$ dans le détroit de Cabot. De faibles concentrations ont été observées le long de la côte Nord et à travers le passage de Jacques-Cartier. La quantité de résidus de pétrole n'a jamais dépassé 50 $\mu\text{g/L}$ sur la totalité de la surface du golfe. Des expériences récentes faites dans le secteur moyen ont montré que la nappe de pétrole se disperse rapidement dû aux effets simultanés du courant et du vent. Ceci suppose que le système réussit à assimiler tout apport nouveau de pétrole. La présence d'huile dans le golfe St-Laurent serait dûe en bonne partie à l'apport du pétrole des eaux de l'océan Atlantique entrant dans le golfe.

La teneur en huile des eaux du St-Laurent peut augmenter sans danger. Bien entendu, certaines régions sont plus exposées les unes que les autres. L'influence des courants de surface y est pour beaucoup dans l'entraînement des nappes d'huile. On connaît dans ses grandes lignes, le mouvement des eaux de l'estuaire et du golfe. L'estuaire maritime du St-Laurent est caractérisé à l'ouest le long de la rive nord par une remontée intense des eaux profondes salées et glaciales du golfe qui se mélangent aux eaux douces du St-Laurent et du Saguenay. Il en résulte un courant de surface d'eau mélangée qui se dirige vers Trois-Pistoles pour ensuite longer la côte sud du fleuve prendre de l'intensité le long de la côte Nord de la Gaspésie, pénétrer d'une part dans la Baie des Chaleurs et, d'autre part, continuer vers les bancs de pêche gaspésiens, le plateau madelinot et sortir par le détroit de Cabot. Une section longe la côte ouest de Terre-Neuve pour gagner le détroit de Belle-Isle.

Ainsi, une bonne partie du golfe et de l'estuaire a de grandes chances de ne pas être envahie par les nappes d'huile qui proviendraient de naufrages ou d'avaries aux pétroliers. Ceci comprend tout le secteur nord et est du golfe incluant toute la région au nord et à l'est du chenal Laurentien à partir de Pointe-des-Monts à Blanc Sablon incluant l'île d'Anticosti, la section nord des secteurs de l'estuaire maritime et moyen.

Par exemple, les bancs de crevettes dans la région sud de Sept-Iles, les poissons de fond du secteur nord, les coquillages de la Côte Nord, les mammifères marins et les phoques de cette région ne seraient pas affectés par la présence de pétroliers pénétrant dans le fleuve.

Par contre, la rive sud du St-Laurent, les eaux gaspésiennes et le plateau madelinot seraient plus exposés. Mais encore là, il faut apporter certaines considérations. Dans le golfe, les pétroliers ne présentent qu'un minimum de risque. La route habituelle est le chenal Laurentien profond qui ne présente aucun obstacle à la navigation à l'exception de la présence de champ de glace à certaines périodes de l'année. La voie de navigation passe assez loin du plateau madelinot et des bancs de pêche gaspésiens. Une avarie quelconque dans les parages causerait des dommages assez limités par l'effet de la dilution ou de la dispersion de l'huile. Elle aurait peu ou pas d'influence néfaste sur la pêche hauturière. Cette pêche ne se pratique pas dans le chenal laurentien.

Dans le secteur des eaux gaspésiennes, il n'y a pas d'obstacle à la navigation, mais une avarie toujours possible pourrait avoir une certaine répercussion. Il y aurait danger que des nappes d'huile atteignent le rivage. La voie de navigation généralement suivie longe la côte d'assez près et le fort courant dans ce secteur pourrait amener l'huile dans la Baie des Chaleurs et sur les bancs de pêche gaspésiens. Le moyen de minimiser les dommages serait de suivre une route de navigation beaucoup plus large. Les nappes d'huile auraient alors plus de chance de prendre le chenal et d'atteindre le golfe sans approcher pour la peine du rivage.

L'estuaire maritime présente également peu de risque de navigation. Par la présence de courants dominants déjà mentionnés plus haut, seule la rive sud pourrait être affectée par l'huile provenant d'un pétrolier. Quant à la pêche elle-même, les dommages ne peuvent être que minimes. La pêche côtière qui se pratique presque exclusivement au moyen d'engins fixes est peu développée. Les possibilités d'expansion dans l'avenir sont pratiquement nulles.

Les poissons pélagiques qui longent la rive sud pour venir frayer à différents endroits dans le fleuve pourraient être plus ou moins incommodés par la présence d'huile. Le saumon qui remonte le fleuve le long de la rive sud guère plus haut que l'embouchure de la rivière Matane, serait particulièrement sensible à la présence d'huile. Le hareng se rencontre chaque printemps en quantité assez intéressante surtout dans la partie est de l'Ile Verte. La présence prolongée d'huile dans cette région de fraie devrait être évitée. A plus forte raison l'idée d'un port de transbordement pour pétroliers à l'Ile Verte comme le préconisent certains projets devraient être rejetés. Il est question de plus que le Service Canadien de la Faune se porte acquéreur des batures de l'Ile Verte pour en faire un sanctuaire d'oiseaux aquatiques.

La faune et la flore les plus susceptibles d'être endommagées par les nappes d'huile sont celles dont l'habitat est le rivage, la zone inter-tidale et sub-tidale. Les plantes marines sont d'une abondance assez relative. L'exploitation est tout à fait artisanale. Les coquillages par contre, avec le développement possible de l'aquaculture offre des possibilités d'exploitation commerciale.

La présence d'huile serait surtout dommageable pour les myes et les moules de la zone inter-tidale. L'absorption d'huile pourrait donner un goût désagréable à la chair de ces coquillages. Pour éviter le plus possible les dangers de contamination dans ce secteur, les pétroliers devraient s'éloigner de la côte sud et suivre une course au centre du fleuve.

Dans l'estuaire moyen, c'est-à-dire en haut de l'embouchure du Saguenay, la navigation est un peu plus difficile. Le St-Laurent est moins profond; certains hauts fonds sont à éviter. Les dommages causés à la suite d'accidents, seraient de peu d'envergure quant à

la pêche elle-même qui est de peu d'importance. Elle est considérée comme un revenu d'appoint seulement. Ces dommages seraient localisés le long du rivage aux installations de récréation aux engins fixes de pêche, aux plantes marines qui poussent sur les batures parfois assez étendues. Comme déjà mentionné, les nappes d'huile auraient peu de chance de s'étendre beaucoup en amont du port de Grande-Ile par suite de la présence de courants descendants prédominants. Par précaution, les pétroliers devraient suivre le chenal plus profond au nord de l'Ile-aux-Lièvres pour ne s'approcher de la rive sud qu'une fois rendus à la hauteur de Grande-Ile.

2.5 Zones spéciales à préserver

Il est essentiel pour éviter les désastres toujours possibles d'apporter une attention spéciale à certaines zones qui exigent une protection particulière. Le port de transbordement de Grande-Ile en est une. Il faut de toute nécessité d'empêcher toutes les nappes d'huile de se propager et d'altérer l'environnement.

L'Ile Verte qui est à la fois un centre de pêche de hareng le printemps et un sanctuaire possible pour les oiseaux aquatiques devrait être préservée de toute souillure par l'huile. Une étude devrait être faite pour connaître le comportement du hareng et l'importance de la frayère à cet endroit.

Dans l'estuaire maritime le rivage de la rive sud devrait être surveillé pour empêcher la pollution par l'huile. La présence de coquillages et la possibilité d'un certain développement dans le domaine de l'aquaculture justifieraient cette précaution.

La Baie des Chaleurs de la Pointe-à-Maquereau à l'Ile de Miscou devrait être une zone spécialement protégée pour la conservation du homard, des pétoncles, des myes et des cultures d'huîtres de la côte de Caraquet. La Baie des Chaleurs n'est heureusement pas sur la voie maritime des super-pétroliers. Les nappes d'huile à craindre, sont uniquement celles entraînées par le courant.

Une zone de protection devrait être établie tout au tour des Iles-de-la-Madeleine, pour préserver de toute souillure d'huile l'habitat du homard. Ce crustacé occupe une importance considérable dans l'économie des pêches commerciales. La présence d'huile dans les eaux pourrait peut-être affecter dans une certaine mesure la chair délicate du homard. C'est aussi le cas des pétoncles qui représentent une pêche lucrative aux Iles.

Le projet mis de l'avant il y a quelques mois à la suite de découverte de gisements importants de sel aux Iles, d'utiliser les réservoirs souterrains après l'extraction du sel pour le stockage du pétrole, devrait être étudié sous tous ses aspects avant d'en venir à une décision. L'arrivée de pétroliers présenterait certainement des risques.

A tout considérer, cependant l'estuaire du St-Laurent n'est pas la région la plus exposée aux dommages qui pourraient survenir à la suite d'une avarie à des pétroliers. La côte du Maine est beaucoup plus vulnérable. Elle est très découpée et comprend des plages renommées qu'il faut absolument protéger. La lutte contre la pollution est très difficile. Les eaux renferment des espèces de luxe comme ces coquillages, le homard et les crevettes.

On comprend aisément que la population veuille protéger à tout prix ces ressources naturelles et qu'elle soit contre tout développement de port pétrolier en plus de ce qui existe déjà depuis nombre d'années. Il n'y a rien de tel dans l'estuaire du St-Laurent qui est pauvre en espèces marines. Les côtes sont régulières; la navigation facile; les courants dominants en direction du golfe favorisent d'une certaine façon la dispersion des nappes d'huile. La lutte contre ce polluant est d'autant facilitée.

Ce n'est pas une raison cependant pour négliger toute méthode de contrôle. Au contraire, la protection des zones spéciales en particulier suppose la mise au point de techniques perfectionnées pour combattre toute avarie et empêcher la propagation des nappes d'huile.

Tout le problème se résume à garder et à récupérer le pétrole qui peut se répandre au port de transbordement ou d'un pétrolier en route. Des recherches sont en cours pour étudier le comportement des nappes d'huile dans les eaux relativement froides de l'estuaire et de trouver les moyens de récupérer l'excès d'huile.

2.6 Recommandations et conclusions

Il importe avant tout de connaître l'état actuel de la qualité des eaux de l'estuaire maritime et moyen du St-Laurent pour évaluer l'impact qu'aurait le port pour pétroliers, sur l'environnement. Il existe un certain nombre de paramètres pour déterminer la qualité de l'eau tels que l'oxygène dissout, la demande biochimique et chimique d'oxygène, le pH, les substances azotées, les phosphates, les nitrates, les silicates etc. Malheureusement, il n'y a pas de normes fixes reconnues sur lesquelles on peut se baser pour établir une échelle de la qualité de l'eau. Toutefois, ces différents paramètres peuvent servir de guide pour une appréciation de la qualité.

Vu le manque de normes, il s'agit de faire une étude quantitative du milieu actuel avant l'implantation du port en question. Ces données serviront de point de départ et de comparaison une fois celui-ci en opération.

1- Il faudra donc déterminer quantitativement dans l'estuaire maritime et moyen, les éléments métalliques, les particules en suspension, les matières organiques, les substances nutritives, les différents polluants en particulier les huiles et les hydrocarbures etc.

2- Organiser un système de contrôle adéquat qui permettrait de suivre régulièrement l'évolution des conditions hydrologiques près du port.

3- Etablir la teneur en huile de l'eau de mer que les coquillages et les crustacés peuvent supporter sans nuire à leur organisme et à leur développement.

4- Faire des recherches sur la mise au point de méthodes de protection au port de transbordement de Grande-Ile, adopter aux conditions du milieu, les méthodes déjà utilisées ailleurs pour empêcher la propagation des nappes d'huile.

5- Le long de la voie maritime suivie par les pétroliers, détection rapide des nappes d'huile, leur récupération aussitôt que possible à la suite d'avaries quelconques.

Il se fait des travaux sur le sujet dans le monde entier. Il s'agit d'adapter ses méthodes aux conditions de l'estuaire et du golfe.

L'ensemble de l'exposé permet de conclure que l'installation d'un port pour super-pétroliers à Grande-Ile de Kamouraska ne présente pas d'inconvénients trop sérieux à l'écologie du milieu. Sans doute, les possibilités de contamination par l'huile existent. Si toutes les précautions sont prises pour empêcher l'huile de se répandre, les dommages seraient minimes. Même s'il y avait fuite, les conséquences ne seraient pas désastreuses. La pêche est pratiquement inexistante. Les plantes marines seraient les seules affectées. L'île cependant, ne pourrait plus être considérée comme sanctuaire pour oiseaux aquatiques. C'est l'inconvénient le plus sérieux à noter.

La voie maritime que devront suivre les pétroliers, ne présente pas de difficultés de navigation. Les risques d'avaries toujours possibles, peuvent être minimisés surtout si on suit une route au large comme mentionné plus haut et qu'on évite les hauts fonds en prenant le chenal du Nord.

Les avantages économiques que le Québec peut retirer de l'implantation d'un centre de réception de pétrole dans le Bas-St-Laurent compensent amplement pour les inconvénients d'une ampleur assez hypothétique que représente l'installation portuaire pour pétroliers.

3 IMPACT DE LA DIGUE SUR L'ÉCOLOGIE

3.1 CONSTRUCTION OF KAMOURASKA PORT AND JETTY AND THEIR EFFECTS ON MARINE ENVIRONMENT

From the foregoing review sections it is evident that very little information are available in the Kamouraska area of the St. Lawrence Estuary. It must be emphasized therefore that any conclusion at the present time for the effects of the proposed Port and Jetty on the marine environment will be based mainly on a personal guess and on the few available information.

As mentioned by Michel (1973) "Kamouraska Basin has a central portion more than 100 feet deep having an area of more than 25 sq. n. mi. that can receive and berth the biggest existing ships. Because of a small misalignment with the general direction of the St. Lawrence estuary and the presence of numerous seaward islands it is protected from the storms of the Gulf and is a neutral safe haven. A large channel, 84 feet deep at low tide, connects the central part of the basin to a deep pool very close to the shore of Grande-Ile which is almost a natural wharf for deep water ships". Examination of the recent current measurements near Grande-Ile and of the tidal charts show, however, that tidal currents prevailing off the island are 2 knots at flood tide and 2.5 knots at ebb tide. These fast currents together with the presence of heavy winter ice in the estuary may complicate the operations of large tankers at Grande-Ile. Engineering works, such as breakwaters and seawalls constructions, can be designed to take care of these problems.

In general, the proposed pier along the north west side of Grande-Ile will not affect the general circulation pattern in the St. Lawrence Estuary. Its effect, however, will be locally. Depending on the direction and height of the seawalls necessary for the port construction, oceanographic conditions will change.

"A reach of shoreline that has been shaped into a permanent configuration

by natural forces acting over the previous centuries may change greatly in a manner of a few weeks or months if certain man-made works appreciably modify the character of these natural forces" (Ippen, 1966). Such works may consist of an extensive breakwater and jetty systems. Unfortunately there are no oceanographic observations available at the present time between Grande-Ile and shoreline to predict the effect of the proposed Jetty on the environment. The following conclusions are based on Ippen (1966) who states that a structure that extends seaward from the shore and across the littoral zone acts as a dam and traps the littoral drift. The impounding capacity of such a barrier depends on the height of the structure, the bottom slope and the equilibrium alignment of the shore in that region. The proper siting and spacing of jetties are discussed. The immediate effect of such structures where the rate of littoral drift is significant is that accretion occurs on the updrift side and erosion occurs on the downdrift side. The seriousness of the erosion on the downdrift shoreline is a function of the character and value of the land in this region.

It was pointed out earlier that the south shore of the St. Lawrence Estuary, including Kamouraska area, is characterized by the existing of a series of tidal marches. No doubt the proposed jetty will affect the character of these salt marches and hence aquatic birds which inhabit them during the spring and summer where it finds almost all of its breeding needs.

A necessary part of most jetty systems is some provision for passing the littoral drift from the updrift to the downdrift side. It is the opinion of the writer that the more openings in the jetty the less effects will have on the environment. In order to predict exactly these effects a hydraulic model for Grande-Ile and the proposed port and jetty must be built and experiments can be done to test all possible effects.

There are many questions one would like to know their answers such as:

- a) What would the circulation pattern look like in Kamouraska area after building the port and jetty?
- b) What would the tidal current look like with the proposed jetty?
- c) Currents will be very strong at the openings of the Jetty. What are their effects on the jetty itself and on the tidal marshes in the area?
- d) What would the shoreline look like with one jetty? With two jetties?

Hydraulic models seeking answers to these questions should increase measurably our knowledge about how the nearshore area of Kamouraska will behave after building the Grand-Ile port and jetties between the port and shoreline.

4 MOUVEMENTS D'UNE NAPPE D'HUILE

4.1 Rate and possible extent of oil spills between Grande-Ile and Cabot Strait

Comments on the extent of oil movement are based on data available on surface currents in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence and also on field experiments yet unpublished which were carried out in the Rivière-du-Loup - L'Isle-Verte area. These field experiments on drift of oil slicks emphasize the difficulty to draw specific conclusions from generalized models. The field experiments are discussed first.

4.2 Fate of Oil Spills near Grande-Ile

Scientists from the Université du Québec and University of Toronto in cooperation with the Canada Centre for Remote Sensing carried out experiments on small and controlled oil spills in Rivière-du-Loup and l'Isle-Verte areas. This work is yet unpublished and should be treated confidentially. Experiments consisted on spilling small quantities of crude oil and observing the rate of spreading, the displacement, the evaporation, the dissolution, and the formation of water-in-oil emulsions. The first experience, carried out on November 22, 1972, consisted in spilling two barrels of crude oil in the South Channel four miles east of l'Ile-aux-Lièvres (see Fig. 1). The second experience consisted in spilling a larger quantity of oil, four barrels, in stronger tidal currents, off l'Isle-Verte (Fig. 1). These experiments were carried out from the ship "LE QUEBECOIS" and supported by the Canada Centre for Remote Sensing. This organization used two airplanes to photograph the oil slicks every hour with different types of colour and black and white films and filters. Infra red scanners were also used and laser detectors tested.

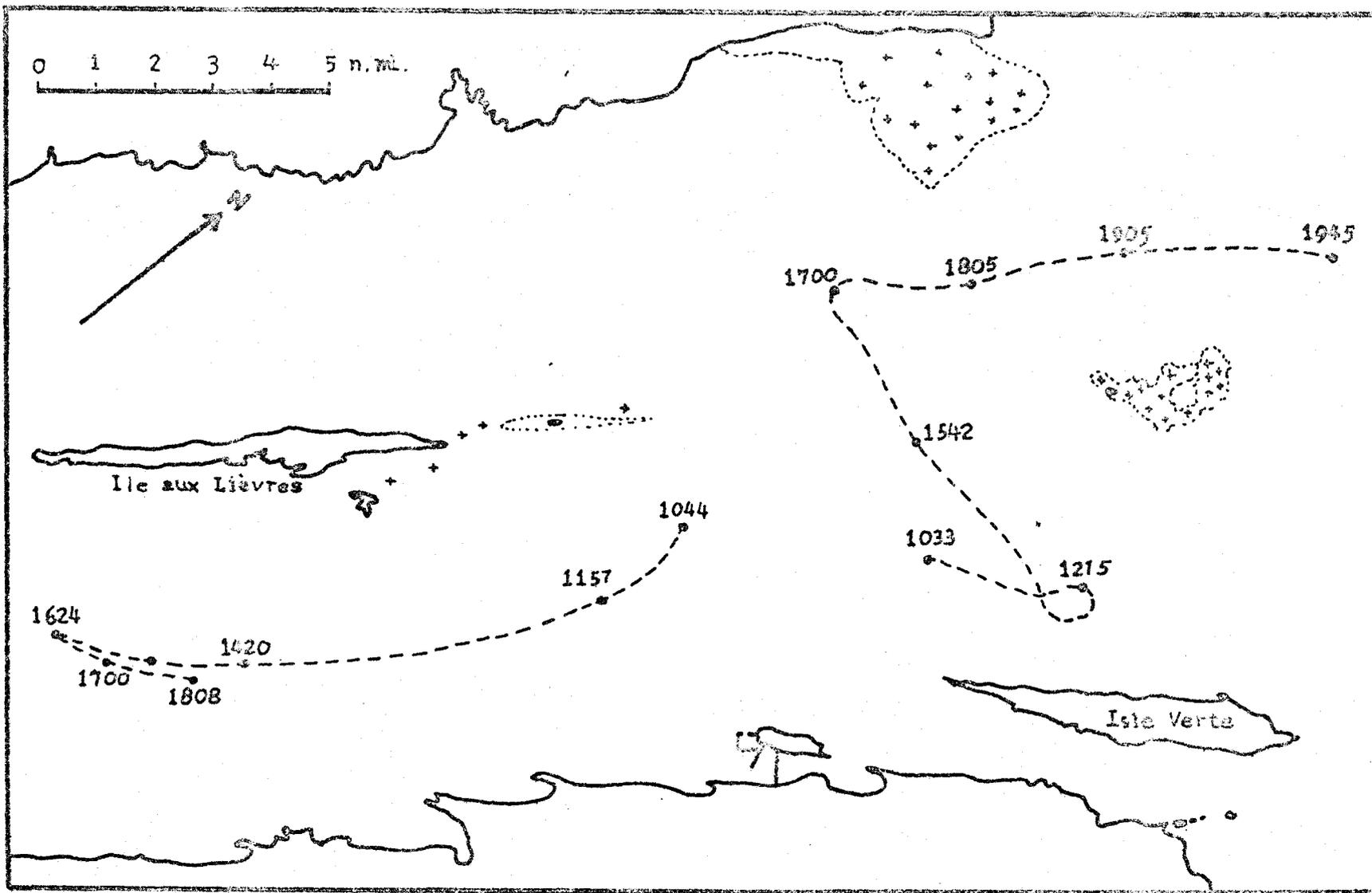


Fig. 1: Map showing the movement of oil slicks in the St. Lawrence Estuary near l'Ile-aux-Lièvres and l'Isle-Verte.

Although the analysis of the data is not completed, some conclusions can be drawn. As the physical conditions at Grande-Ile are similar to those encountered in the Rivière-du-Loup - l'Isle-Verte area, the observations apply for the whole region in proximity of the supertanker port.

1. Slicks of oil shred in long and thin streaks within a few hours after the oil is spilled on water.
2. Emulsions of water-in-oil form under moderate wave agitation within two hours after spilling of oil.
3. Slicks follow tidal currents and reached velocities of five knots during the experiments of November 1972.
4. Observations 1, 2 and 3 indicate that it would be impossible to recover spilled oil in the Estuary in the Kamouraska - l'Isle-Verte area.
5. Spilled oil has a tendency to remain in the mainstream rather than strand on the seashores. This is at least what was observed during the experiments, particularly for the slick spilled off l'Isle-Verte which, when heading towards the seashore, eventually reoriented in the mainstream.
6. Preliminary analyses of wind stress on slicks indicate that the effect of wind has to be taken into account in attempts to predict the displacement of oil in the Estuary.
7. Displacement of oil slicks cannot be predicted from mathematical models of tidal circulation of the Estuary developed at the National Research Council of Canada. This has been demonstrated

by comparing the observed drift patterns with mathematical simulations of the same events based on NRC mathematical model.

8. Conclusion: The experiments carried out in November 1972 have demonstrated that the dispersal of oil in the St. Lawrence Estuary is a very complex phenomenon. Neither the rate and possible extent of oil movement nor the ultimate distribution of spills can be estimated with accuracy by using current measurements and tidal models presently available for the St. Lawrence Estuary. Extensive field experiments using surface drifters and soya bean oil would have to be carried out in order to be able to outline realistic patterns of oil dispersal. To be conclusive such experiments would also need to be repeated under different wind conditions.

4.3 Circulation Patterns in the Estuary and Gulf St. Lawrence

The field experiments described in the above section show that it is not possible to predict the fate of a specific oil slick in the Estuary. It is worth nonetheless to describe the main patterns of surface circulation in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence, to understand better what the main patterns of dispersal of oil would be on a broad scale.

The general circulation around the Gulf of St. Lawrence is anticlockwise. Information on the circulation has been deduced from direct current measurements (Farquharson, 1962, 1963, 1966; Blackford, 1965, Forrester, 1967, and Lawrence, 1968); from dynamical calculations (MacGregor, 1956; Trites, 1963, Farquharson, 1963, 1966; Blackford, 1965, 1967; Farquharson and Bailey, 1966; Forrester, 1967; El-Sabh and Johannessen, 1972); from drift bottles and drogue studies (Bumpus and Lauzier, 1965; Lauzier 1965,

1967; Boudreault and Héritier, 1971, Boudreault, 1972); and from theoretical models (Blackford, 1965; Murty and Taylor, 1970). The bulk of investigation has been done during the ice-free months of the year, and very little information is available for the winter months.

Early circulation studies in Cabot Strait were carried out by Dawson (1913) and Sandstrom (1919). From geostrophic calculations MacGregor (1956) found the circulation in the strait to be marked by an outward surface flow strongest on the Cape Breton side with a tendency for a weak inflow along the Newfoundland side. He found much variation from cruise to cruise, with strongest currents in August and least in April and May. In recent years direct current measurements have been undertaken across Cabot Strait for approximately one month. An examination of these measurements (Fig. 2) suggests an inflow through the whole depth of the Newfoundland side of Cabot Strait. (El-Sabh, 1973)

Investigation in Belle Isle Strait was undertaken by Dawson (1907); Huntsman, Bailey and Hachey (1954); Bailey (1958), and Farquharson and Bailey (1966). These studies all indicate that although there is no large net flow through the strait, there is an inward movement of Labrador coastal water on the Labrador side and an outflow of the gulf water on the Newfoundland side. On some occasions a strong outflow through the strait is observed to last for several days or even weeks, while on other occasions strong inflow may dominate for an equally long time. The possible causes of these temporary dominant flows are suggested to be the north-south barometric pressure gradient and the wind effect (Dawson, 1970; Bailey, 1958; and Lawrence, 1968).

Prior to the construction of the Canso causeway there was a fairly strong current through the Strait of Canso from George Bay towards the Atlantic Ocean. Since the strait was closed this current has been replaced by a fairly strong north-easterly outset along the shore of Cape Breton Island towards Cabot Strait.

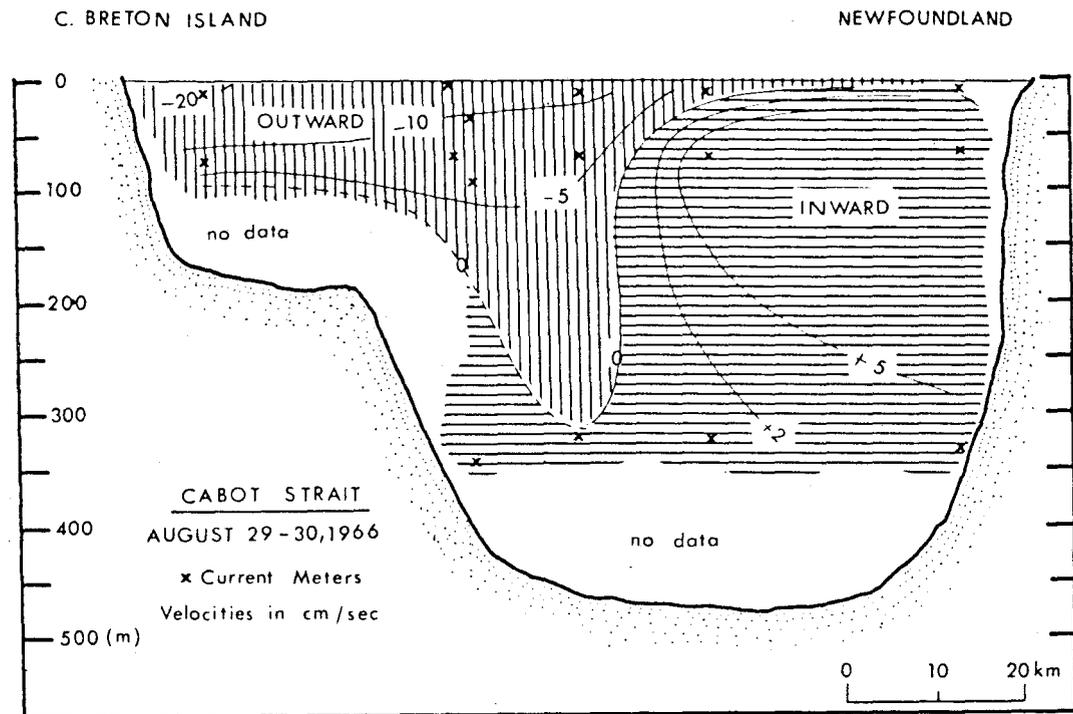


Fig. 2: Current velocities in Cabot Strait (after El-Sabh, 1973, data from Lawrence, 1968).

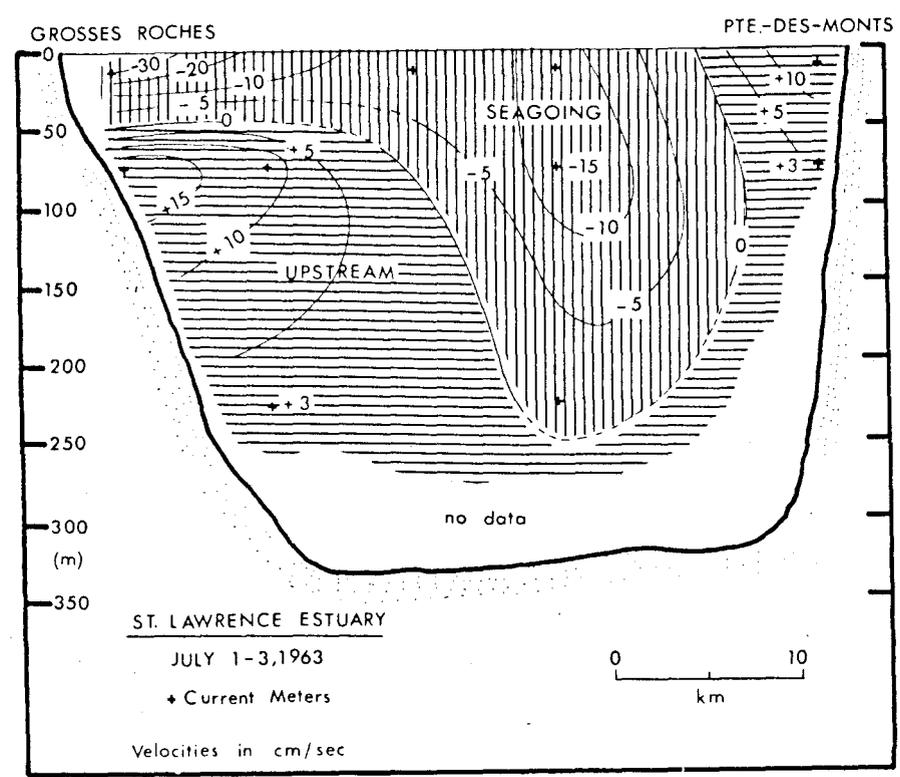


Fig. 3: Current velocities in the St. Lawrence Estuary (after El-Sabh, 1973, data from Farquharson, 1966).

The outflow from the St. Lawrence River, which is the source of over half of the fresh water discharge into the gulf, has a major influence on the circulation of the Gulf of St. Lawrence. Farquharson (1966) and Forrester (1967, 1970), have reported on current measurements made in the St. Lawrence Estuary. By mooring strings of water bottles and tripping them by time release, Forrester was able to obtain simultaneous observations through the cross-section of the estuary near Pte au Père. Eleven sets of simultaneous observations were obtained each at a different phase of the semidiurnal lunar tide. Comparison of geostrophic currents with direct current observations showed that a tidal oscillation was present in the vertical shear of the geostrophic current in response to the vertical shear in the tidal streams. It was concluded from this that meaningful geostrophic current in the estuary can only be determined from averaged time series observations. Forrester and El-Sabh (1972) show how geostrophic currents adjusted to satisfy the condition of zero average salt transport faithfully produce accurate estimates of fresh water discharge from the St. Lawrence Gulf and Estuary. It was estimated that horizontal advection is more important than horizontal diffusion as a transport process.

A fairly consistent feature observed in the outflow of the estuary is the Gaspé current, which begins to develop in the Rimouski - Pte. des Monts areas (Fig. 3) and extends throughout the entire length of the Gaspé coast. This current is coupled with an inflow on the Anticosti Island side of Gaspé Passage. This general pattern, however, is subject to considerable variations and the Gaspé current may on occasions disappear (Farquharson, 1966).

Utilizing all information and measurements available in the gulf during summer period, Trites (1970) was able to draw a typical summer surface circulation pattern (Fig. 4). The general two-way flow in both entrance

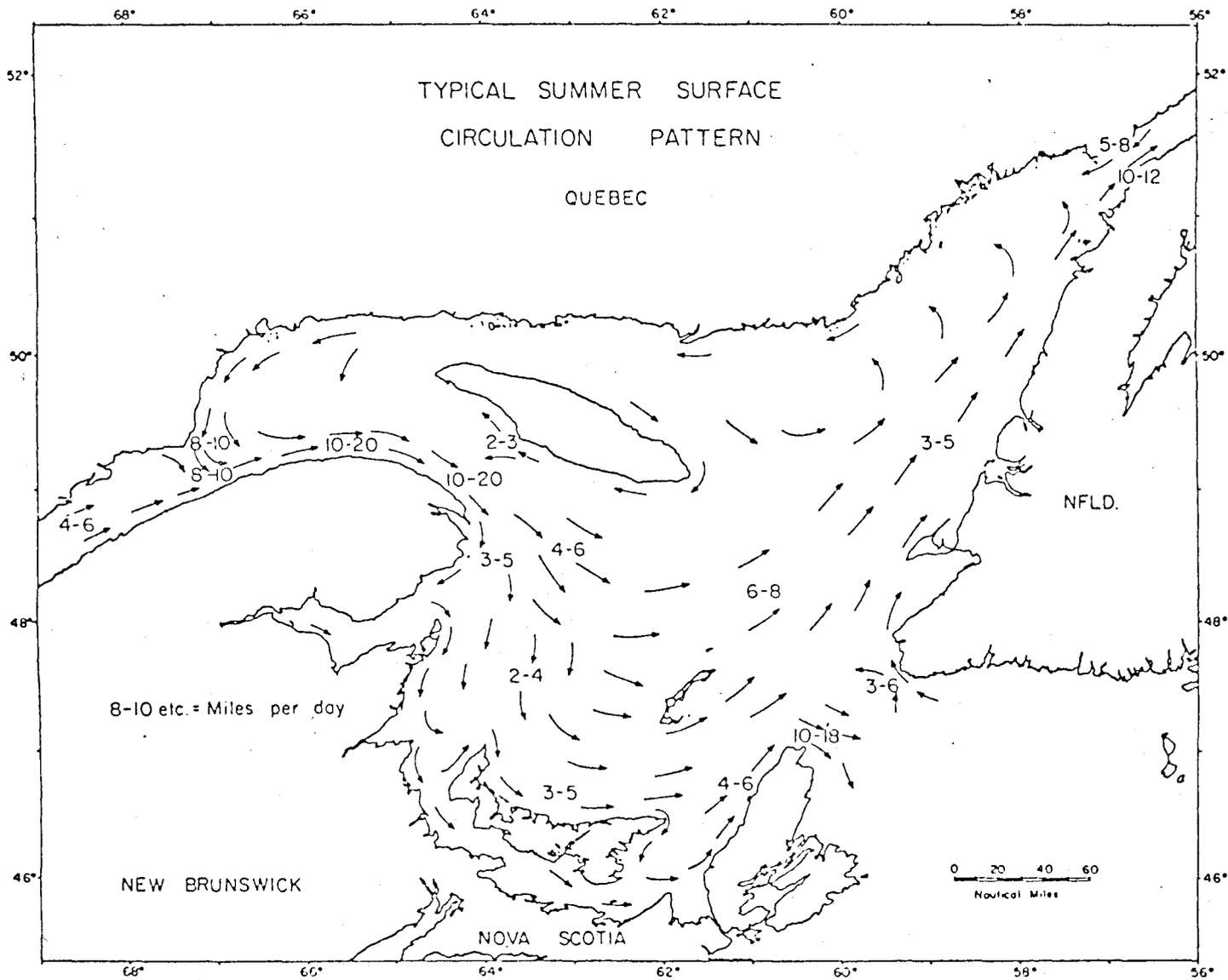


FIGURE 4 - Typical summer surface circulation pattern in the Gulf of St. Lawrence. (after Trites, 1970).

straits, the counterclockwise circulation in the interior part of the Gulf, and the Gaspé current are the dominant features. Highest speeds are found in the Gaspé current and in the outflow through Cabot Strait, reaching values of 10-20 mi/day. From the movements of parachute drogues in the southern gulf in summer and by calculation of relative geostrophic flow, Blackford (1965, 1967) distinguished both clockwise and anticlockwise gyres 20-30 km. in diameter in the layer above the thermocline. These smaller gyres were observed to move with the general southeasterly flow along the north shore of Prince Edward Island.

During the last 20 years, a study of a network of stations in the Gulf of St. Lawrence was carried out during November of each year to provide the temperature-salinity data with which the Ice Forecast Centre of the D.O.E. prepare their ice forecast. The bulk of this data provide an excellent opportunity to study the mean surface circulation pattern during November (El-Sabh, 1973). The existence of two anticlockwise gyres, west and southeast of Anticosti Island, the Gaspé current with velocities between 30-40 cm/sec, the inflow along the Newfoundland side of Cabot Strait and outflow along the Cape Breton side are the main features in the average autumn surface circulation (Fig. 5).

The first and (so far) only attempts to study the winter circulation in the Gulf is that of El-Sabh and Johannessen (1972), based on observations made on board the HMCS "Labrador" in March 1956 and 1957, and the CSS "Baffin" in February 1962. From this study it was found that the large anticlockwise gyre southeast of Anticosti Island, which is a consistent feature of the summer and autumn circulation, disappears in winter (Fig. 6). On the contrary, a smaller clockwise gyre has been observed southeast of Anticosti Island. The surface flow through Cabot Strait in winter was found to be outward on both sides of the strait, stronger on the Cape Breton side, which agrees well with the drift bottle experiments at that

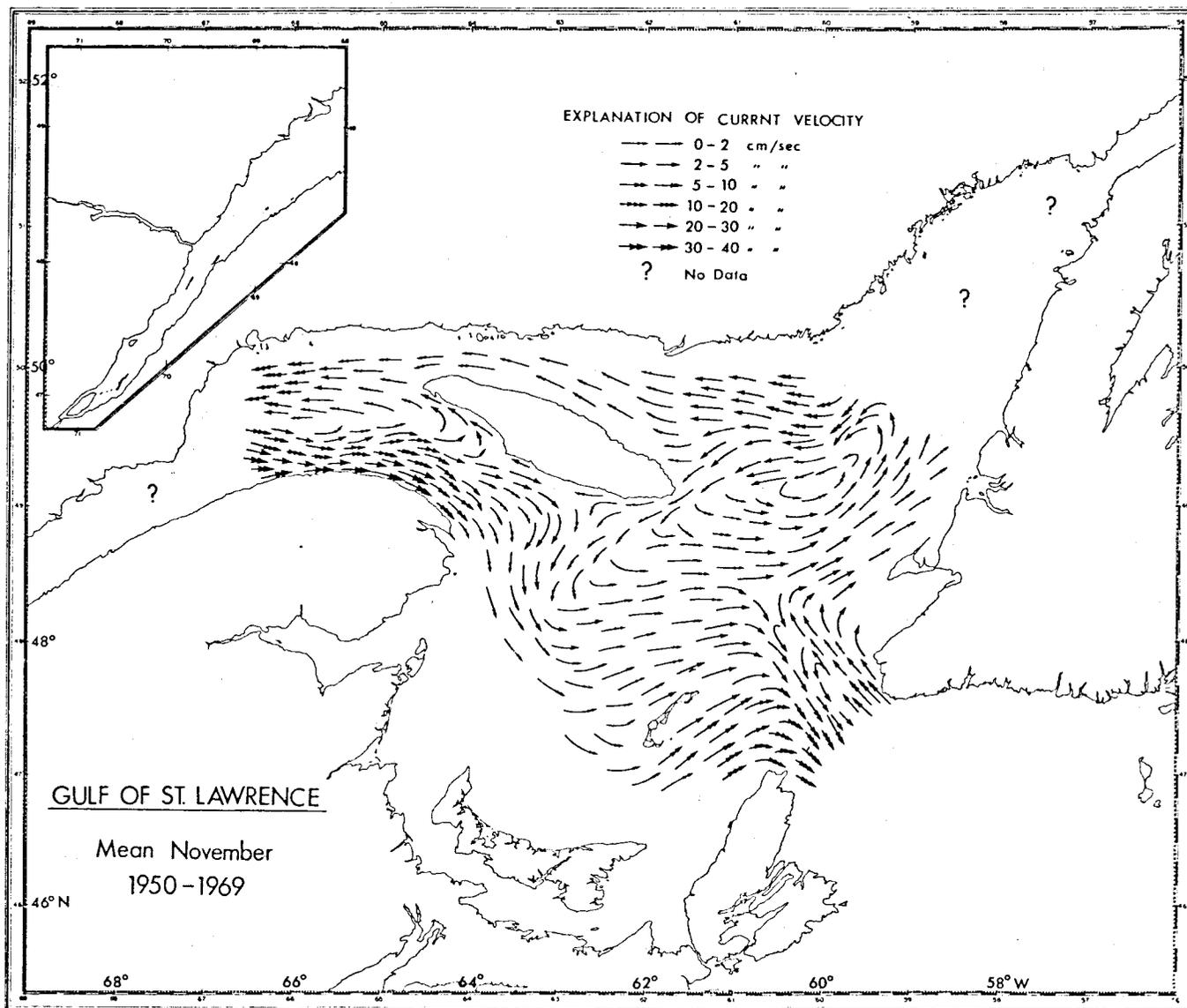


Fig. 5 : Autumn surface circulation in the Gulf of St. Lawrence (after El-Sabh, 1973).

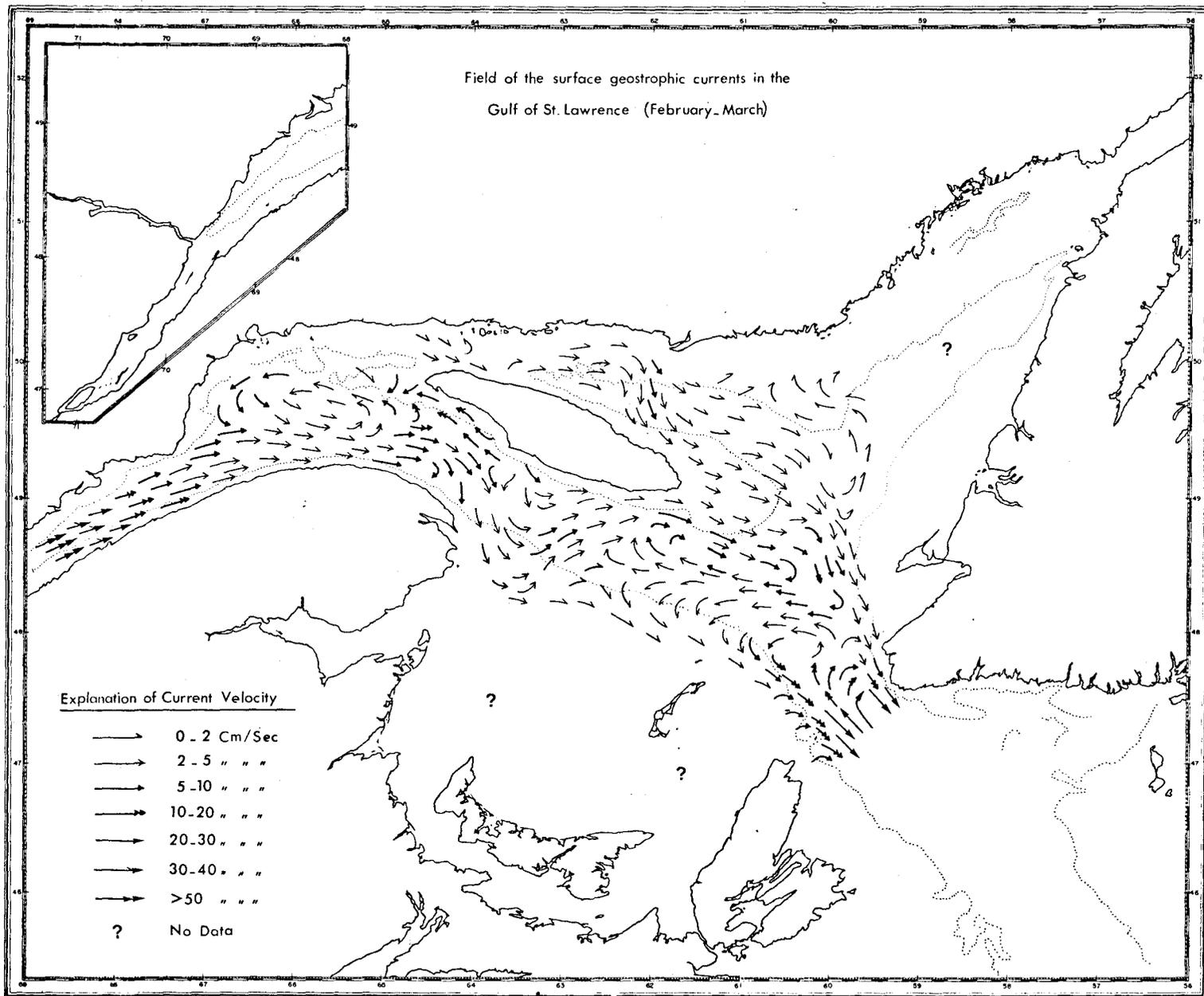


Fig. 6 : Field of the surface geostrophic currents in the
Gulf of St. Lawrence (February - March).
(after El-Sabh and Johannessen, 1972)

time of the year (Bumpus and Lauzier, 1965) An interesting feature is the strong inflow of surface water through the middle of the strait which is diverted to the north and south and joins the outflowing current on both sides of it. This "blocking" of inflowing surface Atlantic water might be due to the prevailing N W wind regime over the Gulf during the winter months, and also to the influence of drifting ice. This general picture of surface circulation in Cabot Strait compare favorably with the most recent study by Ingram (1973), who tracked the ice fields to calculate the winter surface currents around Cape Breton Island.

Data on subsurface currents in the Gulf are sparse and it is not feasible at present to draw a picture for the entire Gulf at any season. Sea bed drifters released by Lauzier (1967) in the southern and central part of the Gulf show in general a well-marked seaward movement along the 50-100 fathom contour along the southwestern border of the Laurentian Channel, that is along the edge of the Magdalen Shallows. An inward flow usually is present along the 50-100 fathom contours on the northeastern side of the Laurentian Channel. A rather complex pattern emerges for the southwestern Gulf, although a large area (7,000 mi²) surrounding the Magdalen Islands shows a general convergence towards the Islands. Residual bottom currents based on sea bed drifter experiments appear to be mostly in the range 0.3 - 0.7 mi/day.

Theoretical models based on simplified forms of the equations of motion have been used to study the large scale features of the circulation of the Gulf of St. Lawrence. In this manner, Blackford (1965, 1966) developed a two-dimensional electrical analog model for wind-driven circulation in the gulf. This model succeeded in producing a Gaspé current and an anticlockwise gyre in the central part of the gulf. Murty and Taylor (1970) developed numerical models incorporating more realistic topographic and

oceanographic features in addition to the wind stress. They obtained a more detailed representation of the circulation the main features of which are in good agreement with the observations. It is evident from the success of these wind-stress models that the wind plays an important role in producing the large scale circulation in the gulf.

4.4 Conclusion

In conclusion, if oil spills in the Estuary and Gulf were very numerous and ubiquitous the dispersal patterns would conform to the circulation patterns described in this section. However as we are dealing with discrete events, these generalized patterns cannot be used for prediction purposes. The currents and gyres described above are real, but they are also known to shift or disappear from time to time. Much more has to be known about the seasonal and meteorological variations of the main circulation patterns before they can be used as oil spill prediction models.

4.5 BIBLIOGRAPHY

- BAILEY, W.B., 1958. On the dominant flow in the Strait of Belle Isle. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15(6) pp: 1163-1174
- BLACKFORD, B.L., 1965. Some oceanographic observations in the south-eastern Gulf of St. Lawrence - Summer 1964. Fish. Res. Bd. Canada. Unpubl. MS. Report (Oceanog. & Limn.) Series No 185, 48pp.
- _____ 1967. Some oceanographic observations in the southern Gulf of St. Lawrence - Summer 1965. Fish. Res. Bd. Canada. Unpubl. Tech. Report Series No. 26, 34 pp.
- BOUDREAUULT, F.R., 1972. Dériveurs du fond dans le Sud-Ouest du Golfe du Saint-Laurent: 1969-1970. Minist. l'Ind. Comm. Direction des Pêches Marit., Service de la Rich. Québec, Canada. Cah. Inform. No. 58, 54 pp.
- _____ and F. Héritier, 1971. Dériveurs de surface dans le Golfe du Saint-Laurent. Ibid., No 57, 152 pp.
- BUMPUS, D.F. and L.M. Lauzier, 1965. Surface circulation on the continental shelf off Eastern North America between Newfoundland and Florida. Serial Atlas of the Marine Environment - Folio 7, American Geogr. Soc. N.Y.
- DAWSON, W.B., 1907. The currents in Belle Isle Strait from investigation of tidal and current survey in the seasons of 1894 and 1906. Ibid., 43 pp.
- _____ 1913. The currents in the entrance to the Gulf of St. Lawrence. Canada Dept. Naval Service, 50 pp.
- EL-SABH, M.I., 1973. Transport and currents in the Gulf and Estuary of St. Lawrence (in preparation).
- _____ and O.M. Johannessen, 1972. Winter Geostrophic circulation in the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd. Canada. 29 (5) pp. 595-598

- FARQUHARSON, W.I., 1962. Tides, tidal streams and currents in the Gulf of St. Lawrence. Canada Dept. Mines and Technical Surveys, Marine Sciences Branch, 76 pp.
- _____ 1963. Gaspé Passage current and oceanographic survey, 1962. *Bed. Inst. Oceanogr.*, Dartmouth, N.S., Canada. Unpubl. MS for internal circulation No. 63-9.
- _____ 1966. St. Lawrence Estuary current surveys. *Ibid.*, MS Report 66-6, 84 pp.
- _____ and W.B. Bailey, 1966. Oceanographic study of Belle Isle Strait, 1963. *Ibid.*, MS Report 66-9, 78 pp.
- FORRESTER, W.D., 1967. Currents and geostrophic currents in the St. Lawrence Estuary. *Ibid.*, MS Report 67-5, 175 pp.
- _____ 1970. Geostrophic approximation in the St. Lawrence estuary. *Tellus*, 22: pp. 53-65
- _____ and M.I. El-Sabh, 1972. Principle of salt continuity applied to estuarine transport calculations. Symposium on the Physical Processes responsible for dispersal of Polluants in the sea organized by ICES. Aarhus University, Denmark, July 1972.
- HUNTSMAN, A.G., W.B. Bailey and H.B. Hachey. 1954. The general oceanography of the Strait of Belle Isle. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 11 (3): 198-260.
- INGRAM, R.G., 1973. Winter currents around Cape Breton Island. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 30 (1): pp
- LAUZIER, L.M., 1965. Drift bottle observations in Northumberland Strait, Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 22 (2): pp. 353-368.
- _____ 1967. Bottom residual drift on the Continental shelf area of the Canadian Atlantic Coast. *Ibid.*, 24 (9): pp. 1845-1859.
- LAWRENCE, D.J., 1968. Current meter data from Cabot Strait, 1966. Atlantic Oceanog. Lab., *Bed. Inst.*, Dartmouth, N.S. Canada. B.I. data Series 68-10-D

- MACGREGOR, D.G. 1956. Currents and transport in Cabot Strait. J. Fish. Resh. Bd. Canada, 13(3): pp. 435-448
- MURTY, T.S. and J.D. Taylor, 1970. A numerical Calculation of the wind-driven circulation in the Gulf of St. Lawrence. J. Oceanog. Soc. Japan. 26 (4) pp. 203-214.
- SANDSTROM, J.W., 1919. The hydrodynamics of the Canadian Atlantic waters. Report Canadian Fish. Expedition. Dept. Naval Service, pp. 221-346. Ottawa.
- TRITES, R.W., 1963. Geostrophic flow in the Gulf of St. Lawrence. Fish Res. Bd. Canada. Atlantic Oceanog. Group., Bed. Inst., Dartmouth N.S. Canada. Annual Report and Investigators summaries, 1962-63, pp. 34-35.
- _____ 1970. The Gulf of St. Lawrence from a pollution view point. FAO Technical Conference on Marine Pollution and its effects on living resources & fishing. Rome, Italy, Dec.1970, 23 pp.

5 MESURES A PRENDRE EN CAS DE DEVERSEMENTS

D'HUILE SUR LE SAINT-LAURENT

5

MESURES A PRENDRE EN CAS DE DEVERSEMENTS
D'HUILE SUR LE SAINT-LAURENT

5.1 Introduction

Le transport maritime du mazout représente pour l'environnement un danger énorme dont les conséquences sont loin d'être complètement connues. La difficulté première de solutionner la récupération des nappes d'huile réside dans l'envergure du problème. Le problème se pose soudainement sous des conditions non établies et la vitesse de réaction devient un facteur capital. On a remarqué que 200 gallons de mazout répandus sur une mer calme vont former une nappe de 300 pieds de diamètre et de 0.030 pouce d'épaisseur après seulement dix minutes. Six heures plus tard, le diamètre moyen de la nappe sera devenu égal à 900 pieds et l'épaisseur moyenne sera de 0.003 pouce. Les phénomènes d'évaporation vont diminuer le mouvement de la nappe et après une journée, elle aura atteint un diamètre moyen stable de 1500 pieds et une épaisseur de 0.001 pouce (1). L'épaisseur de la nappe peut être évaluée de façon qualitative à partir du tableau suivant:

TABLEAU 1

Apparence de l'huile sur l'eau (2)

Apparence du film	Epaisseur du film 10^{-3} mm	Quantité d'huile sur une surface de 1 km^2	
		litres	tonnes
très peu visible	0.05	50	0.04
visible comme une couleur argent sur la surface	0.10	100	0.08
couleur bleue observable	0.15	150	0.12
couleur violacée	0.30	300	0.24
couleur bleue foncée	1.0	1000	0.80
couleur noire	2.0	2000	1.60

Cette dernière description démontre assez bien la vitesse du phénomène. Le problème se complique lorsque les courants et la vitesse des vents entrent dans la partie. La turbulence et le mixage entre l'eau et l'huile forment des émulsions qui peuvent contenir jusqu'à 70% d'eau (3). Des essais réalisés par une équipe de l'INRS démontrent que de telles émulsions peuvent se produire deux heures après le déversement de l'huile (4).

Il faut donc dans la pratique insister sur trois éléments importants si l'on désire vraiment mettre sur pied une logistique efficace pour combattre ce fléau. Il faut d'abord développer le concept de prévention au maximum. En second lieu, il est nécessaire d'empêcher l'huile de se répandre et en dernière étape, il faut récupérer l'huile. Le présent rapport retiendra ces trois idées principales et le Chapitre 1 discutera de prévention, le deuxième de retenue et le troisième de récupération. En dernier lieu, les recommandations qui auront été mentionnées dans le texte seront résumées et nous présenterons un plan général pour combattre la pollution occasionnée par le déversement d'huile sur le fleuve.

Nous allons surtout insister sur les fuites susceptibles de se produire sur le fleuve. Le pompage du mazout hors du pétrolier peut générer certaines fuites; mais ce phénomène peut être contrôlé sans grande difficulté. En plus de pouvoir contrôler les quantités déversées, il est possible de mettre sur pied un système de récupération efficace; car l'endroit est ordinairement situé dans une base naturelle à l'abri des vents et courants.

5.2 La prévention

5.2.1 PLAN ADMINISTRATIF

Il ne fait aucun doute que le meilleur moyen d'éviter les dégâts considérables occasionnés par les nappes d'huile est de les prévenir. Cette prévention fera ici l'objet de recommandations au niveau administratif et au niveau technique. Au plan administratif, il est nécessaire d'obliger les compagnies responsables du transport d'avoir un équipement de première qualité. Il n'existe qu'un seul moyen pour garantir l'excellence du transport sur le plan sécuritaire: la production accidentelle de nappes de pétrole sur la mer doit résulter en un coût très élevé de la part des responsables. Dans cette optique, les compagnies responsables seront forcées de prendre les précautions nécessaires. Les coopératives d'assurances (exemple TOVALOP) qui assurent les compagnies ont développé des contrats de protection de l'ordre de \$ 10,000,000 contre toute fuite majeure (5). Comme l'huile est également assurée, les fuites représentent des pertes peu importantes. Les pertes financières sous forme d'amendes ou sous forme d'une diminution de l'image auprès du public sont les seules armes efficaces auprès des compagnies.

5.2.2 PLAN TECHNIQUE

Sur le plan technique, la prévention peut également être améliorée par l'utilisation de la technique qui consiste à solidifier l'huile par l'addition de produits chimiques (oil gellation technique).

Le solide ainsi produit peut être reconverti sous phase liquide en le chauffant à 130^oF. Ce procédé semble offrir plusieurs avantages. Il permet d'éliminer ou de diminuer considérablement l'écoulement, lorsque le pétrolier est en difficulté. De plus, l'huile solidifiée qui s'écoule du pétrolier demeure en boules et ne forme pas de nappes. Différents mazouts ont fait l'objet d'essais et il semble que le gel (huile solidifiée) peut s'obtenir en mélangeant le mazout avec 5% en poids d'une solution d'amine et d'isocyanate (rapport 0.75 : 1.00 à 1.50 : 100). En résumé, il s'agit de former un polymère poreux qui absorbe l'huile (6).

Les essais réalisés en laboratoire ont ensuite été vérifiés sur une plus grande échelle. L'étude a permis d'étudier entr'autres les points suivants:

- 1) - temps requis pour la formation de gel (mixing time)
- 2) - température de la réaction
- 3) - énergie requise
- 4) - degré de solidification

La formation du gel atteint 50% de sa rigidité finale après une dizaine d'heures. Après deux jours, la solidité du matériau ne change plus. L'influence de la température est directement proportionnelle à la dureté du gel. Le point important consiste dans l'énergie requise pour mélanger de façon adéquate l'agent solidifiant avec le mazout. L'utilisation d'agitateurs classiques n'apparaît pas souhaitable à cause des inconvénients suivants:

- 1) - dimension restreinte des ouvertures aux divers compartiments dans un pétrolier
- 2) - poids des installations requises pour les volumes énormes des compartiments
- 3) - système additionnel requis pour l'addition des agents solidifiants.

Devant ces problèmes, il semble qu'un système de recyclage est tout indiqué. Un tel système utilise un jet ainsi que des pompes classiques, probablement déjà disponibles sur les pétroliers.

La conception du jet nécessaire pour assurer un bon mélange doit satisfaire les points suivants:

- 1) - les zones mortes à l'intérieur des compartiments doivent être réduites au minimum
- 2) - la turbulence du jet doit être maximum

Des essais réalisés avec 500 barils d'un mazout originant de Louisiane ont permis de vérifier que les essais en laboratoire étaient répétitifs à une plus grande échelle. Pour quantifier l'énergie requise, nous allons calculer le cas hypothétique suivant. Soit un pétrolier de 100,000 tonnes, et essayons d'évaluer l'énergie requise pour la formation du gel.

$$100,000 \text{ tonnes} \times 6.67 \frac{\text{barils}}{\text{tonne}} \times 42 \frac{\text{U.S.gal.}}{\text{baril}} = 28 \times 10^6 \text{ U.S.gal.}$$

(1)

Il existe une corrélation qui fait intervenir l'énergie requise par unité de volume, le temps de mélange et le degré de solidification. Pour un temps de solidification d'une dizaine d'heures, la racine carrée du produit du temps de mélange par l'énergie volumétrique est égal à 0.8 (6).

$$\left[\frac{\text{H.P.} \times \text{Temps de mélange en minutes}}{\text{Volume en milliers de gallons}} \right]^{0.5} = 0.8 \quad (2)$$

$$\left[\frac{\text{H.P.} \times 30 \text{ min.}}{28 \times 10^3} \right]^{0.5} = 0.8 \quad (3)$$

$$\text{H P} = 750 \quad (4)$$

Le coût d'une telle technique reste imprécis. Dans un rapport présenté au gouvernement américain, la "Western Company of America" mentionne que cette technique appliquée au transport augmente le coût de 4% (5). D'autre part, la même source affirme qu'il est possible de construire un système portatif pour une augmentation dans les coûts de transport de 0.18%. Un tel système pourrait être amené rapidement sur les lieux d'un désastre et mis en opération.

Il reste certes des problèmes d'ordre technique à solutionner. Le temps de solidification, l'énergie requise et l'uniformité du mélange sont des variables très importantes et des essais additionnels sont nécessaires. Cette technique cependant représente un élément valable de solution. Recommander que les cargaisons soient solidifiées avant leur entrée dans le Golfe constituerait sans doute un élément très onéreux pour les temps présents mais on pourrait s'assurer que des systèmes portatifs disponibles peuvent être amenés rapidement sur les lieux. Il serait important de pouvoir poursuivre les recherches dans ce domaine, afin d'essayer de réduire le coût des produits chimiques utilisés.

5.3 Retenue des nappes d'huile

5.3.1 PRELIMINAIRES

La quantité d'huile déversée en mer est un facteur important dans le choix des mesures à prendre. Règle générale, les quantités déversées se situent en importance à trois niveaux (2).

1. - un déversement petit est au maximum égal à 10 tonnes
2. - un déversement moyen se situe entre 10 et 500 tonnes
3. - un déversement majeur se situe au dessus de 500 tonnes.

5.3.2 CONSIDERATIONS THEORIQUES

Lorsqu'une fuite d'huile se produit en mer, la vitesse de réaction est le facteur le plus important. Il faut alors contrôler l'étendue des nappes produites en les circonscrivant avec des digues (booms). Lorsque les conditions sont telles que l'huile se répand lentement sur une eau stagnante, le problème est mineur. Il s'agit alors de placer autour des nappes des digues qui vont les retenir. Il est rare cependant que les conditions atmosphériques soient idéales. Dans le cas qui nous concerne, les études des marées et des courants révèlent des conditions difficiles.

Il existe sur le marché des digues (booms) de construction diverse qui, règle générale, sont efficaces pour des situations précises.

Il est difficile par exemple de trouver des digues flottantes qui puissent retenir l'huile lorsque le courant excède 3 pi/sec. De plus, l'intensité des vagues vient diminuer considérablement leur efficacité. Des vagues de hauteur supérieure à deux pieds rendent ce moyen de retenue assez inefficace. Il est possible cependant d'espérer des améliorations au plan de la conception et de la fabrication qui permettront d'améliorer le comportement en haute mer.

Malgré certaines améliorations apportées à la conception des digues flottantes, il existe une restriction plus fondamentale qui limite l'efficacité. Il est impossible, et cela peut se prouver théoriquement, qu'une digue flottante arrête une nappe sous certaines conditions de courant et de profondeur. Dans une étude effectuée dans les laboratoires du Conseil National de Recherches, on a démontré (1) que la possibilité de retenue peut être évaluée par le calcul d'un paramètre adimensionnel, le nombre de Froude, défini de la façon suivante:

$$F = \frac{V}{[(1-d)gD]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

où

- V: vitesse du courant, pi/sec.
- d: densité de l'huile
- D: profondeur du canal, pi
- g: accélération due à la gravité, pi/sec.²

Le calcul théorique révèle que la retenue est impossible si le nombre de Froude excède 0.527. Des essais réalisés ont démontré que cette limite théorique diminuait à 0.4 dans la pratique.

L'auteur mentionne que si le nombre de Froude est inférieure à 0.3, on peut évaluer l'épaisseur de la nappe en utilisant l'équation suivante:

$$\delta = \frac{V^2}{2 (1 - d) g} \quad (6)$$

où

δ : épaisseur de la nappe, en fonction de pied

Cette dernière équation donne une valeur limite et dans la pratique, on doit s'assurer que les digues flottantes sont immergées d'au moins la moitié de cette valeur (1).

En utilisant un modèle mono-dimensionnel pour le fleuve et en tenant compte du cycle des marées, cette étude montre les pourcentages de temps pendant lesquels le nombre de Froude dépasse 0.4, et par conséquence une retenue impossible. Les résultats ont été donnés pour des huiles de densité différente et pour la région s'étendant de Pointe au Père à Montréal. Pour la région s'étendant de Pointe au Père à Rivière du Loup, la Figure 1 illustre le pourcentage du temps d'un cycle de marée pendant lequel la retenue est impossible.

On constate que le problème de retenue est théoriquement possible. Comme les pétroliers utilisent ordinairement du Bunker C pour leur propre énergie, il est important de montrer une figure identique à celle de la Figure 1 dans le cas d'une huile de densité égale à 0.95. La Figure 2 illustre ce cas et on remarque que la retenue est encore possible du point de vue théorique.

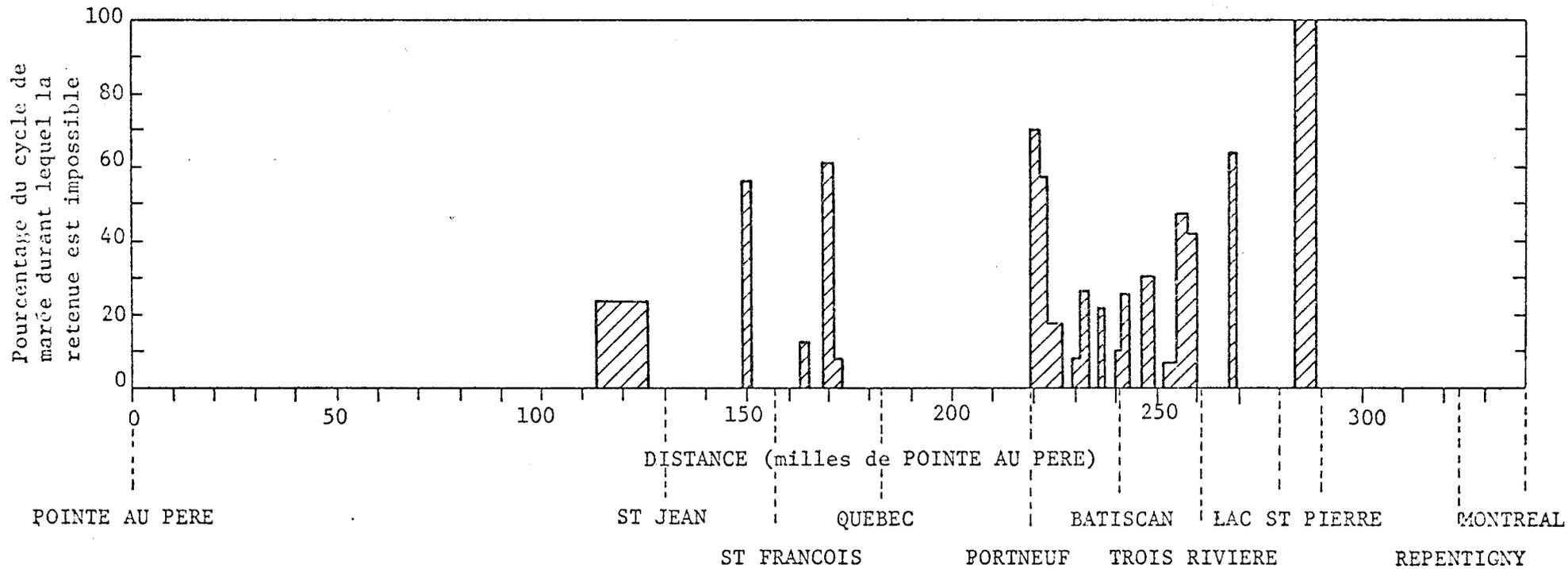


FIGURE 7 RETENUE DE L'HUILE (densité: 0.85)

pourcentage au cycle de
marée durant lequel la
retenue est impossible

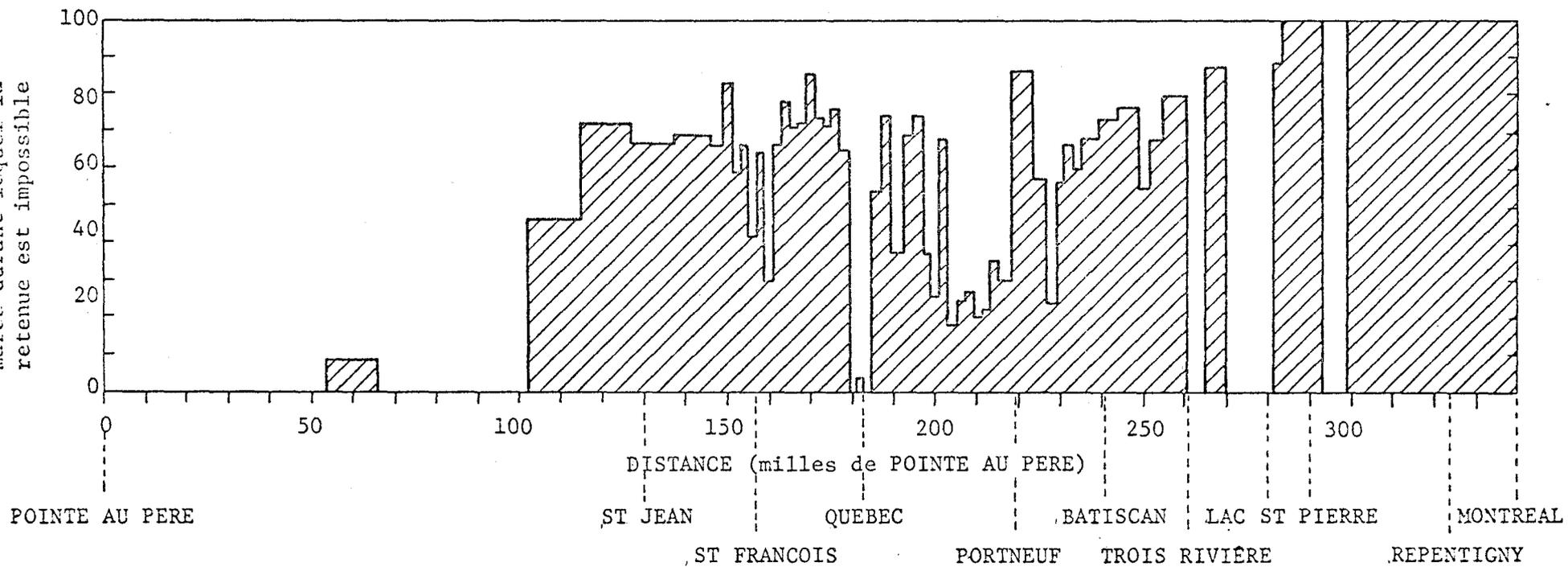


FIGURE 8 RETENUE DE L'HUILE (densité: 0.95)

On peut questionner dans la pratique la précision du modèle utilisé dans les calculs présentés aux Figures 1 et 2. L'écoulement tri-dimensionnel sera certes important; mais cette étude révèle quand même que les digues flottantes ont des restrictions importantes et qu'il est inutile d'espérer dans tous les cas des opérations efficaces.

5.3.3 CONSIDERATIONS PRATIQUES

Dans l'éventualité d'une fuite sérieuse de mazout, il est urgent d'avertir les personnes responsables. Pour ce faire, il est nécessaire qu'il existe une équipe à disponibilité constante. Cette équipe doit être pourvue des moyens nécessaires (hélicoptères, bateaux) pour se rendre sur les lieux et évaluer la nature du mazout, la quantité approximative déversée, les dangers possibles d'écoulement additionnel et les conditions atmosphériques.

La première étape de tout système destiné à combattre les déversements en mer est d'assurer la retenue. Tout système prévu à cette fin doit satisfaire plusieurs critères dont les principaux sont:

- i) efficacité sur une mer agitée
- ii) facilité de transport
- iii) facilité d'installation

Les digues flottantes (booms) utilisées pour contenir l'huile sont nombreuses. Elles peuvent cependant être divisées en quatre catégories différentes, à savoir

- 1) les digues flottantes ancrées
- 2) les digues flottantes remorquées

- 3) les digues flottantes à air comprimé
- 4) les digues flottantes laissées à la dérive

A l'exception du troisième, les autres types sont construits de matériaux imperméables. Une flotte tubulaire supporte un rideau qui est submergé et un contre poids assure la rigidité de l'ensemble. Plusieurs compagnies assurent la construction de ces digues flottantes et il est important de connaître leur comportement. La digue flottante pneumatique présente un intérêt, mais son application est limitée par l'énergie considérable requise. Une valeur approximative est de $1 \text{ hp}/\pi$ de barrière flottante (7). Il n'existe pas de différences essentielles entre les types 1, 2 et 4. Seule la rigidité de construction est différente, permettant à l'un plutôt qu'à l'autre d'être utilisé dans les circonstances particulières. En haute mer, les barrières ancrées et touées ont peu de chance d'être efficaces, à cause des courants, des vents et des vagues. Des circonstances particulières, comme une mer très calme, peuvent favoriser l'utilisation de telles barrières; mais ces cas sont restreints. Les barrières flottantes à la dérive ont démontré un potentiel réel et peuvent se comporter de façon satisfaisante. Ces barrières sont efficaces lorsqu'elles sont utilisées au tout début, car elles permettent de conserver l'huile en des nappes d'épaisseur suffisante sur une mer plus calme, soit dans les estuaires ou les baies naturelles les barrières ancrées ou touées ont des chances de succès. Dans les ports, on peut utiliser les barrières pneumatiques, car elles ont l'avantage de laisser circuler les bateaux. L'énergie requise est cependant un inconvénient sérieux.

Les données disponibles sur la région indiquent des vitesses de courant d'environ $5 \text{ pi}/\text{sec.}$ et des marées d'environ 12 pieds.

Il est difficile d'évaluer la vitesse des vents; mais les deux premières données indiquent quand même des conditions assez sérieuses.

Il faudrait alors que les responsables entrent en contact avec les principaux manufacturiers et se documentent sur les digues flottantes disponibles ainsi que sur leur maniement. Ces appareils sont, règle générale, très dispendieux et il faut s'assurer au préalable de leur comportement.

5.3.4 AGENTS REGROUPANTS (HERDING AGENTS)

Puisqu'il est désirable d'empêcher au maximum l'huile de se répandre, certaines compagnies ont développé des produits qui visent à faire agglomérer le mazout. Ces substances travaillent en sens inverse des dispersants. Elles ont tendance à regrouper les particules d'huile (herding materials). Des essais réalisés (8) ont permis de constater l'efficacité de certaines de ces substances. Il est à noter cependant que ces produits réduisent jusqu'à 50% la superficie de la nappe, lorsqu'elle est complètement circonscrite. Devant la possibilité d'une étendue d'huile non restreinte, il est difficile d'évaluer les quantités nécessaires. Il y a lieu cependant de suivre les essais réalisés par le "Naval Research Laboratory" dans ce domaine (8).

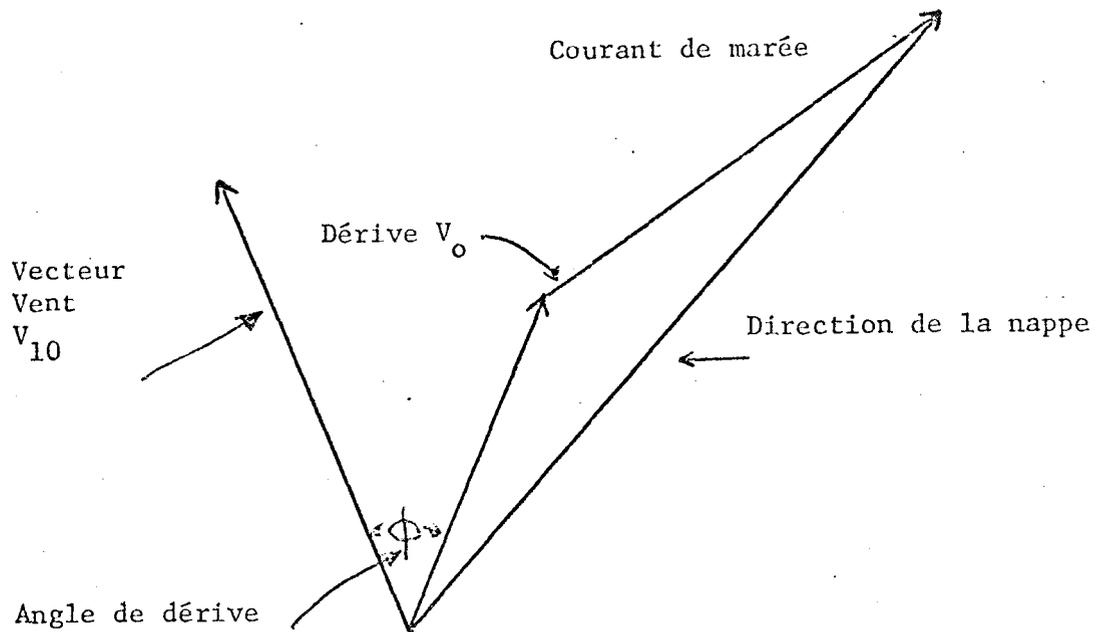
5.3.5 MOUVEMENT DES NAPPES D'HUILE

Afin de présenter un plan adéquat pour circonscire les nappes de pétrole répandues sur la mer, il est important de pouvoir prévoir leur mouvement. A la suite de mesures effectuées lors de certains accidents, il est maintenant admis que la vitesse d'une nappe d'huile se situe aux environs de 4% de la vitesse des vents dominants.

Si on excepte l'influence des courants et des marées, la nappe se déplacera dans la direction du vent dominant. Lorsque l'on désire tenir compte des courants, on constate cependant que la direction ou la vitesse d'une nappe peut être différente des données présentées précédemment. Loucks et Laurence (9) ont étudié les déplacements d'une nappe dans le Golfe St. Laurent et leurs résultats montrent que la trajectoire observée est en accord avec la direction des courants et en désaccord avec la direction des vents dominants. Une étude effectuée lors du désastre provoqué par le Torrey Canyon mène aux mêmes résultats (10). L'étude des courants de marée présentée à la planche 4 (11) montre que ces courants changent de direction. Durant un cycle de marée, la vitesse des courants de marée passe de 4 pieds/sec. dans la direction inverse. De tels changements vont sans aucun doute modifier le mouvement des nappes d'huile. L'analyse théorique peut se faire à l'aide de la méthode des vecteurs (12). Le premier vecteur à établir est celui qui représente la direction et l'intensité du vent. La dérive de surface peut être évaluée en prenant comme angle de dérive une valeur de 20° dans le sens horaire à partir du vecteur décrivant la vitesse et l'intensité du vent. Cette valeur est acceptée pour l'hémisphère nord (13). Quant à l'intensité de la dérive, elle est évaluée en tenant compte du "facteur vent (wind factor), défini comme

$$W F = \frac{V_0}{V_{10}} \quad (7)$$

où V_{10} est l'intensité du vent à 30 pieds au dessus de la surface. Ce facteur vent est inconnu, mais il pourrait être évalué. A partir de ces données, on juxtapose le vecteur représentant les courants de marée et l'addition vectorielle nous permet de prédire la direction des nappes. Le schéma suivant présente un exemple de ce calcul.



Cette méthode des vecteurs permet d'évaluer le mouvement des nappes d'huile. Il reste cependant que les brusques changements de courant et les conditions atmosphériques rendent ces déplacements assez imprévisibles. Il se produit également des divisions de la nappe, générant ainsi plusieurs étendues plus petites. Dans le cas présent, il sera assez difficile de simuler les déplacements et seule une surveillance contrôlée permettrait de les situer.

5.4 Récupération

5.4.1 PRELIMINAIRES

La dernière étape dans l'élimination du mazout répandu est sa récupération. Cette récupération se fait ordinairement soit par des moyens mécaniques soit par des absorbants. Les moyens mécaniques, comme les pompes et les séparateurs eau-huile ont, règle générale, des rendements faibles lorsque les courants et marées sont importants. Les absorbants présentent alors une technique supérieure, même si la récupération du mélange absorbant-huile rencontre certaines difficultés.

L'utilisation d'absorbants pour la récupération du mazout comporte les étapes suivantes:

- i) choix de l'absorbant
- ii) épandage de l'absorbant
- iii) récupération du mélange
- iv) séparation de l'huile de l'absorbant
- v) destruction ou ré-utilisation de l'absorbant

5.4.2 CHOIX DE L'ABSORBANT

Plusieurs substances peuvent être utilisées comme absorbant. Ces substances sont classifiées soit comme produits naturels (paille, tourbe, brin de scie) soit comme produits artificiels (polyuréthane). Le choix de l'absorbant doit satisfaire trois critères principaux. Il doit d'abord flotter, ce qui revient à dire que sa densité doit être inférieure à celle de l'eau.

Il doit de plus être facile de transport et d'épandage. En dernier lieu son prix ne doit pas être trop élevé, car de grandes quantités sont utilisées. Le pouvoir absorbant constitue un paramètre important et les tableaux suivants illustrent le pouvoir absorbant de divers matériaux.

TABLEAU 2 (14, 15, 16)

CAPACITE D'ABSORPTION POUR L'HUILE, GMS D'HUILE/GMS D'ABSORBANT

Matériaux	Huile Diesel	Huile légère	Mazout de Prudhoe Bay	Bunker "C"	Mazout lourd	Mazout léger	Huile # 2
Fibres de bois moulues				1470	1180	650	640
Coques d'arachides moulées				580	430	220	220
Fibres de cellulose				1860	1730	1140	900
Farine de blé d'inde				570	560	470	380
Cendres volcaniques				2120	1810	720	500
Paille				580	640	240	180
Paille sur l'eau			345				
Paille sur glace			698				
Vermiculite				430	380	330	360
Brin de scie (poudre)	270	280					
Perlite	310	310		460	400	330	300
Brin de scie				300	370	360	280
Tourbe	330	320					
Tourbe sur l'eau			1568				
Tourbe sur glace			698				
Mousse d'urée formaldéhyde				7270	5240	5030	4780
Fibres polyéthylène							
A) Laine				3700	2780	1970	1610
B) Plaque				1860	1760	1190	1060
C) Élément non tissé				4600	3670	4540	3620
Fibres polypropylène non tissées				2170	1810	690	480
Mousse de polyuréthane							
A) Déchiquetée				7270	7480	6000	4870
B) Réticulée				3030	2450	3060	2750
C) Cubes $\frac{1}{2}$ po.				7270	7170	6610	6490
Poudre de polystyrène				2340	2170	2040	580
Polyester				880	740	660	470
Teflon				500	600	140	100
Plastique	1960	1830					

TABLEAU 3 (15)

TOURBE NECESSAIRE POUR ENLEVER 100 GMS D'HUILE D'UNE NAPPE DE 1/16" D'EPAISSEUR

Matériaux	Humidité %	Capacité d'absorption
Tourbe moulée *	0	19.0
Tourbe moulée *	38	28.4
Tourbe moulée *	46	27.4
Tourbe	33	23.0
Tourbe en briquette	11	41.0

* Sources différentes

TABLEAU 4 (15)

CAPACITE D'ABSORPTION DE LA TOURBE ET DE LA PERLITE : LITRES D'HUILE ABSORBEE/LITRE D'ABSORBANT

Matériaux	Humidité % (Base sèche)	Masse litre specif.	Absorption litre d'huile/ litre de tourbe	Quantités d'huile et d'eau absorbées à partir d'une nappe d'huile sur l'eau	
				Litre d'huile / Litre de tourbe	Litre d'eau Litre de tourbe
Tourbe pulvérisée séchée artificiellement*	7.0	82	0.68	0.62	0.18
" " " "	6.4	85	0.65	0.54	0.12
" " " "	6.4	95	0.62	0.54	0.12
" " " "	2.8	74	0.63	0.48	0.12
Tourbe déchiquetée séchée artificiellement	2.8	81	0.46	0.40	0.06
Tourbe séchée à l'air	24.0	77	0.57	0.44	0.30
Tourbe séchée à l'air et pulvérisée	60.8	178	0.50	0.26	0.30
Perlite	(0.8)	(70)	(0.46)	(0.46)	(0.06)

* Tourbe Mellial Heparahka

Tous ces différents tableaux permettent d'identifier le pouvoir absorbant de plusieurs matériaux. Ce paramètre est certes important, mais le coût et la disponibilité sont également des critères importants dans le choix. La mousse de polyuréthane reste sans contredit le meilleur absorbant; mais la tourbe séchée à 30-35% d'humidité présente également des possibilités intéressantes. La proximité des tourbières dans la région qui nous concerne, ajoute un atout très important. Le Tableau 5 présente un indice de mérite pour un grand nombre de matériaux. Cet indice tient en considération plusieurs facteurs et permet d'avoir une évaluation plus globale d'un absorbant.

La teneur en eau de la tourbe est un facteur important dans sa capacité à flotter. Des expériences (17) ont démontré que la tourbe ne doit pas dépasser 30-35% en eau pour flotter durant une période suffisante. La vitesse d'absorption de tout absorbant est proportionnelle à la viscosité de l'huile et les conditions atmosphériques comme l'intensité des vagues joue également un rôle important. La Figure 3 illustre l'influence de la viscosité de l'huile sur le pouvoir absorbant de la tourbe.

TABLEAU 5

ABSORBANTS - CRITERE DE SELECTION

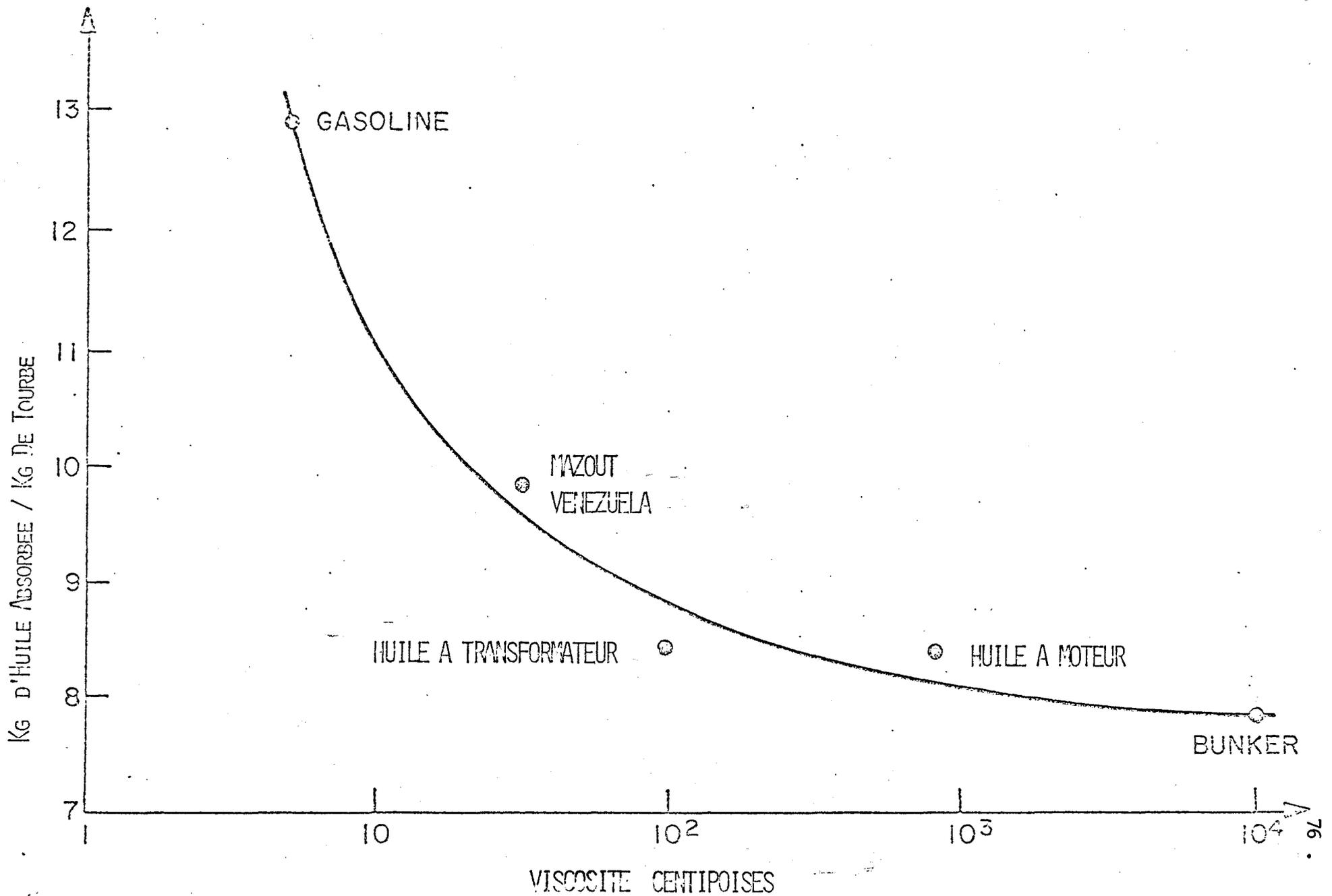
Matériaux	Dispo- nibi- lité au Ca- nada	Prépa- ration pour utili- sation	En- tre- posa- ge	Appli- cation	Ab- sorp- tion	Effi- cacité lorsque humide	Dé- sorp- tion d'eau	Récupé- ration sur l'eau	Dé- sorp- tion d'huile	Récupé- ration d'huile	Faci- lité de s'en débaras- ser	Bio- dégra- bili- té	Volume	Coût
Paille	****	***	***	**	****	*	*	**	***	NIL	***	OUI	très grand	200
Brin de Scie	****	****	*	****	**	*	*	*	***	NIL	**	OUI	300	15
Brin de Scie traité au Silicone	*	*	**	****	**	***	***	*	***	NIL	**	?	300	62+
Ecorce de Pin	***	*	*	****	***	***	***	*	***	NIL	*	OUI	400	250+
Tourbe	****	***	**	***	***	***	***	*	***	NIL	***	OUI	240	30
"Chrome Leather"	*	****	*	***	****	*	**	**	**	**	**	NON	250	15
Ekoperl	**	****	**	****	****	****	****	*	****	NIL	*	?	1500	2500
Vermiculite	*	****	**	****	*	faible	-	-	-	-	-	?	-	-
Déchets de Caoutchouc	*	***	**	**	***	****	****	*	****	NIL	***	NON	300	625
Mousse de Caoutchouc Naturel	*	***	*	**	****	**	*	**	*	****	***	NON	3500	190
Pilules de Caoutchouc Butyl	*	***	**	**	**	faible	-	-	-	-	-	NON	-	-

Matériaux	Dispo- nibi- lité au Ca- nada	Prépa- ration pour utili- sation	En- tre- posa- ge	Appli- cation	Ab- sorp- tion	Effi- cacité lorsque humide	Dé- sorp- tion d'eau	Récupé- ration sur l'eau	Dé- sorp- tion d'huile	Récupé- ration d'huile	Faci- lité de s'en débaras- ser	Bio- dégra- bili- té	Volume (ft ³)	Coût
Pilules en Polystyrène	*	***	*	**	*	faible	-	-	-	-	-	NON	-	-
Mousse Poly- uréthane	*	*	****	**	****	****	***	**	***	****	***	NON	5 (Liq.)	125
Fibre de Polypropylène	2 *	***	**	***	****	****	*	****	*	****	***	NON	100	310

clé: Plus il y a d'étoiles, meilleure est la performance

1. : Pour traiter des capacités de 10 tonnes

2. : Comme une courroie sans fin



POUVOIR ABSORBANT DE LA TOURBE A 70°F EN FONCTION DE LA VISCOSITE DE L'HUILE

Figure 9

5.4.3

EPANDAGE

L'épandage représente une difficulté et il est nécessaire d'améliorer cet aspect. Dans le cas de la tourbe, il existe en Finlande (18) des appareils conçus spécialement pour ce travail. Les caractéristiques de ces appareils sont présentées au Tableau suivant:

TABLEAU 6

Caractéristiques des étendeurs de tourbe

Capacité d'étendage	:	4000 - 5000 litres/heure
Rayon d'action	:	15 - 20 mètres
Poids	:	150 lbs
Volume de tourbe	:	75 litres
Puissance	:	4½ H P
Capacité du réservoir à essence	:	3 litres
Temps d'opération avec un plein réservoir	:	1½ heure

Dans le cas des autres absorbants, les techniques d'épandages sont semblables à celles utilisées pour la tourbe.

5.4.4 RECUPERATION MECANIQUE DU MELANGE

Cette phase représente le plus grand problème. En général, la technique utilisée consiste à remorquer les nappes en des endroits calmes et de récupérer le mélange à l'aide de filets. Une autre façon de récupérer le mélange est d'utiliser des convoyeurs mobiles qui relient la surface de l'eau à un bateau. La vitesse de ces convoyeurs est le facteur critique et est déterminée par l'importance des vagues (21).

5.4.5 SEPARATION DE L'HUILE ET DE L'ABSORBANT

Cette opération est reliée à l'absorbant utilisé. Dans le cas du polyuréthane (22) et de la tourbe (23), une compression mécanique à l'aide d'un simple appareil permet de récupérer une fraction de l'huile. Dans le cas du polyuréthane (22), la récupération de l'huile permet la ré-utilisation de l'absorbant. Dans le cas de la tourbe, on ignore pour le moment si une telle possibilité existe. Il faut faire remarquer toutefois que le pressage mécanique représente dans l'optique d'une ré-utilisation de l'absorbant est complexe. Il faut en effet s'assurer que l'huile a été suffisamment extraite. De plus, le coût beaucoup plus élevé du polyuréthane comparé à la tourbe (voir tableau 5) oblige l'utilisateur à considérer la ré-utilisation.

5.4.6 DESTRUCTION DE L'ABSORBANT

La combustion lorsque possible reste le meilleur moyen de se débarrasser de l'absorbant.

5.4.7

COMBUSTION

La combustion du mazout sur place représente une possibilité. Cette technique est possible seulement si la nappe est d'une épaisseur suffisante. Lorsque l'huile forme un film, il devient impossible de soutenir la combustion devant les grandes pertes thermiques. Pour favoriser la combustion, on ajoute un matériau qui augmente le phénomène de capillarité et qui apporte en même temps de l'air additionnel pour faciliter la combustion. Cette technique a été utilisée en Finlande (18) dans des situations précises avec de bons résultats. Au Canada (19), des essais contrôlés, réalisés dans un réservoir ouvert, ont montré que la tourbe combinée avec une certaine quantité d'huile diesel peut permettre de brûler une nappe d'huile de 1/16" d'épaisseur. Pour des nappes plus minces, les pertes thermiques à l'eau deviennent de plus en plus importantes. Dans une autre étude (19), des essais réalisés sur le fleuve St. Laurent, ont révélé des efficacités de combustion de l'ordre de 80 à 90%. Cette technique est intéressante lorsque la récupération physique est impossible et que les dangers de propagation de l'incendie sont inexistantes.

5.4.8

DISPERSANTS

Les dispersants sont des produits chimiques qui agissent comme agents émulsifiants. Dans le passé, il y a eu une utilisation considérable de ces produits chimiques; mais la constatation du potentiel toxique de ces produits a remis en question leur utilisation. Les avantages de ces produits sont:

1. - la biodégradation de l'huile est augmentée, parce que le rapport surface/volume de l'huile est beaucoup plus grand
2. - l'huile, étant enlevée en surface, ne présente plus les mêmes dangers
3. - l'huile n'adhère plus aux surfaces solides

Les principaux inconvénients sont les suivants:

1. - certains de ces produits ont des effets toxiques
2. - la toxicité est augmentée par la subdivision de l'huile créée par ces agents
3. - il est très difficile d'enlever l'huile traitée avec des dispersants

L'utilisation des dispersants devrait être banni aux endroits où il y a de grandes populations d'animaux marins, car la vie aquatique peut en souffrir énormément. De plus, il devrait être défendu d'utiliser un dispersant donné sans connaître ses effets à court et moyen terme. Environnement Canada étudie présentement la question des dispersants et leur utilisation sera contrôlée.

5.5 Plan d'action pour combattre la pollution générée par un déversement d'huile (2)

Avant de présenter un plan d'action dans l'éventualité d'une fuite d'huile d'un pétrolier, il est nécessaire d'établir les catégories suivantes:

5.5.1 LOCALISATION DES NAPPES

L'endroit des nappes est un facteur important dans le choix des méthodes. On distingue cinq situations:

- i) - fuite en haute mer
- ii) - fuite en eau calme ou dans les bous naturelles
- iii) - fuite sur le rivage
- iv) - fuite sur les glaces

5.5.2 TYPES D'HUILE

La nature de l'huile déversée est également un facteur important. On distingue pour la situation présente le mazout fraîchement déversé (quelques heures), le mazout modifié par la température, les émulsions et le Bunker C. La formation d'émulsions résulte de l'action des vagues et se produit plus facilement avec les huiles de haute densité.

5.5.3 DIGUES FLOTTANTES (BOOMS)

L'emplacement de la nappe permet de choisir entre des conceptions différentes de digues qui sont divisées en

- i) - digues ancrées
- ii) - digues touées
- iii) - digues flottantes à la dérive
- iv) - digues pneumatiques

5.5.4 RECUPERATION

La récupération peut se faire en utilisant deux méthodes:

- i) - absorbants
- ii) - pompage (diverses formes)

5.5.5 AUTRES METHODES

Des techniques additionnelles comme la combustion et les dispersants peuvent être utilisées dans certains cas.

5.5.6 DIMENSIONS DES NAPPES

Les nappes se divisent en trois catégories:

- | | | |
|---------------|-----|--|
| petite nappe | (p) | (quantité inférieure à 10 tonnes) |
| moyenne nappe | (m) | (quantité supérieure à 10 tonnes
et inférieure à 500 tonnes) |
| grande nappe | (g) | (quantité supérieure à 500 tonnes) |

Les tableaux 7, 8, 9 et 10 présentent un plan d'action pour les situations les plus plausibles. Il n'existe pas de démarcations précises

entre les actions suggérées. Les chiffres indiquent la chronologie à respecter dans la suite des événements. Il peut arriver qu'il y ait deux techniques suggérées au même endroit.

Au plan de la récupération présentée au Tableau 7, la combustion apparait comme une méthode proposée. Il est nécessaire que les nappes soient fraîches, d'épaisseur suffisante et situées à des endroits propices. La proximité du pétrolier peut représenter un problème sérieux. Les barrières (booms) doivent également être à l'épreuve du feu, car elles peuvent brûler avant l'huile. Le pompage est également proposé comme substitut à l'absorbant dans l'éventualité où l'épaisseur des nappes est telle que l'opérateur peut réussir sans pomper une trop grande quantité d'eau. Il existe plusieurs appareils de conception diverse pour le pompage (20). L'efficacité de tous ces appareils est cependant très reliée à l'intensité des vagues et courants.

TABLEAU 7

SITUATION EN HAUTE MER

Type d'huile	Mazout frais			Mazout modifié			Emulsions			Bunker C			
	p	m	g	p	m	g	p	m	g	p	m	g	
Dimension des nappes													
Barrières (Booms)													
- ancrées	*	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
- touées		nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
- flottantes à la dérive		1	1	1	nr	nr	nr	nr	nr	nr	1	1	1
- pneumatiques		nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Récupération (Enlever l'huile de la surface)													
- absorbant		2	2	2	nr	nr	nr	nr	nr	nr	2	2	2
- pompage		nr	2	2	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	2	2
Combustion		3	3	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	3	3	nr
Dispersant		nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr

* nr signifie non recommandé

SITUATION EN EAU CALME

Type d'huile	Mazout frais			Mazout modifié			Emulsions			Bunker C			
	p	m	g	p	m	g	p	m	g	p	m	g	
Dimension des nappes													
Barrières (Booms)													
- ancrées	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
- touées	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
- flottantes à la dérive	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	
- pneumatiques	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Récupération													
- absorbants	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
- pompage	4	4	4	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	4	4	4
Combustion	4	4	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	4	4	nr
Dispersant	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr

Le Tableau 8 illustre quelquefois deux alternatives au niveau de la récupération. Pour le mazout modifié et les émulsions, le pompage ne présente pas d'intérêt, car la quantité d'eau pompée serait trop grande. La combustion a également pris de chance de réussir avec les émulsions.

TABLEAU 9

NAPPES SUR LES RIVAGES

Type d'huile	Mazout frais			Mazout modifié			Emulsions			Bunker C		
	p	m	g	p	m	g	p	m	g	p	m	g
Dimension des nappes												
Récupération												
- mécanique	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
- absorbants	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Combustion	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Dispersant	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr

L'absorbant devient nécessaire afin de faciliter l'utilisation d'équipement. La combustion n'est pas recommandée; car elle peut être dangereuse pour l'environnement, à moins que le rivage soit très rocheux et exempt de toutes végétation.

TABLEAU 10

SITUATION SUR LA GLACE (près des rivages)

Type d'huile	Huiles ne formant pas des agglomérés au contact de l'eau			Huiles formant des agglomérés au contact de l'eau (Bunker C par exemple)		
	p	m	g	p	m	g
Dimension des nappes						
Barrières						
- ancrées	1	1	1	1	1	1
- touées	2	2	2	2	2	2
- flottantes à la dérive	nr	nr	nr	nr	nr	nr
- pneumatiques	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Récupération						
- absorbants	4	4	4	4	4	4
- pompage	3	3	3	3	3	3
Combustion	3	3	3	3	3	3
Dispersant	nr	nr	nr	nr	nr	nr

La situation présentée au Tableau 10 est confuse car les conditions sont difficiles. Le mélange eau-glace rend toute forme de récupération difficile. Dans l'éventualité de glace ferme, la combustion représente probablement la meilleure technique.

5.6 Recommandations

Tout au long du rapport, certaines recommandations ont été exprimées de façon implicite. Elles seront maintenant formulées sous forme explicite.

1^{ère} Recommandation

Les lois qui régissent le transport du mazout doivent être sévères et les compagnies impliquées doivent porter les responsabilités inhérentes. Les recommandations mises de l'avant par le "Task Force" de "l'Opération Oil" doivent être mises en vigueur.

2^{ème} Recommandation

Aussitôt le projet sanctionné, il est urgent de former une unité responsable de la surveillance et de l'implémentation des mesures d'urgence en cas d'une fuite importante d'huile. Cette équipe devrait coordonner ses efforts avec les responsables d'Environnement Canada.

3^{ème} Recommandation

Cette équipe, qui relèvera des autorités compétentes, aura pour responsabilité, advenant un accident

- i) - d'évaluer sur place la nature de l'huile répandue et des quantités impliquées
 - ii) - de mettre en place et de diriger les mesures d'urgences.
- Les fonctions précises de cette équipe devront être décrites par les personnes responsables.

4^{ème} Recommandation

Pour assurer une information et la mise en place de mesures rapides et efficaces, il est recommandé que chaque pétrolier admette à son bord, dès son entrée dans le St. Laurent, un membre de l'unité responsable.

5^{ème} Recommandation

Chaque pétrolier devra avoir à son bord les digues flottantes (booms) nécessaires pour assurer une circonscription préliminaire des fuites possibles.

6^{ème} Recommandation

Les autorités compétentes mettront à la disposition de l'équipe responsable les moyens nécessaires pour assurer leur fonction et leur permettra d'arriver sur les lieux d'un accident dans les plus bref délais.

5.7 Bibliographie

- (1) Wilkinson, D., Containment of Oil Slicks in the St-Laurence River, rapport LTR-HY-16, Conseil National de Recherches, Ottawa, Canada, août 1971.
- (2) Beynon, L.R., Prevention and Control of Oil Spills, API, Washington, mars 1973.
- (3) Tests effectués par l'auteur lors de l'échouement de l'Arrow, février 1970.
- (4) Discussion personnelle avec certains professeurs de l'INRS, Rimouski, mars 1973.
- (5) Emery, A.R., Research Information Paper (Fisheries) #40, Ministry of Natural Resources, Province of Ontario, juillet 1972.
- (6) Goldstein, A.M., Koros, R.M. and Tarmy, B.L., Prevention and Control of Oil Spills, API, Washington, mars 1973.
- (7) Hault, D.P., Oil on the Sea, Plenum Press, New York, 1969.
- (8) Barger, W.R., Prevention and Control of Oil Spills, API, Washington, mars 1973.
- (9) Loucks, R.H. and Laurence, D.J., Marine Pollution Bulletin 2(6), 1970.
- (10) Smith, J.E., Torrey Canyon, Cambridge University Press, 1968.
- (11) Document fourni par ACRES Ltd.
- (12) Premack, J., Prevention and Control of Oil Spills, API, Washington, mars 1973.
- (13) James, R., Ocean Thermal Structure Forecasting, U.S. Naval Oceanographic Office, Washington, D.C. (1966).

- (14) Gleaser, J.L. and Vance, G.P., A Study of the Behavior of Oil Spills in the Arctic, U.S. Coast Guard Office of Research and Development Project, #714108/A/001,002, février 1971.
- (15) Irish Peat Board, unpublished report (1970).
- (16) Schatzborg, P. and Nagy, K.V., Sorbents for Oil Spills Removal, Proc. of Joint Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, juin 1971.
- (17) Coupal, B., Use of Peat Moss in Controlled Combustion Technique, Environmental Emergency Branch, Environmental Protecting Service, Environment Canada, Report EPS-4-EE072-1, 1972.
- (18) Ekman, E. and Sandelin, R., Bulletin of the International Peat Society, Vol 2, 1971.
- (19) Coupal, B., Report of controlled combustion tests carried out near Rimouski, presented to Environmental Protecting Service, Environment Canada, mars 1973.
- (20) Der, J.J. and Graham, D.G., Proceedings of Joint Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, Washington, mars 1973.
- (21) Dorrlor, J.S., Sorbent System Development for Oil Spill Clean-up, Proceedings of Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, Washington, mars 1973.
- (22) Miller, E.R., Development and Preliminary Design of a Sorbent Oil Recovery System, Proc. of Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, washington, mars 1973.
- (23) Coupal, B., Essais réalisés au Département de génie chimique de l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada, rapport non publié.

6 AMENAGEMENT DU PORT ET
DES AIDES A LA NAVIGATION

6

AMENAGEMENT DU PORT ET DES AIDES ALA NAVIGATION6.1 INTRODUCTION

Le but de ce rapport est de commenter l'amélioration des aides de navigation et l'aménagement du port proposés par ACS pour diminuer les accidents de même que la probabilité de laisser du mazout se perdre. Les commentaires s'appliquent aussi aux règles gouvernant l'accostage dans des conditions difficiles.

6.2 ACCOSTAGE DANS DES CONDITIONS DIFFICILES

Pour ce qui est du dernier item mentionné ci-haut, l'accostage dans des conditions difficiles, ce problème est discuté plus particulièrement par ACS dans: Minutes of meeting, Held at the Offices of the Lower St. Lawrence Pilotage Authority on February 20, 1973 (P.3344.28.00; Feb.27,1973). On mentionne à la page 3 de ce rapport qu'à plusieurs endroits sur la côte sud il n'y a pas de courants de flot durant les marées de morte eau. Ce point est particulièrement important à vérifier puisque toute la stratégie d'accostage est planifiée en fonction du courant de flot à Grande-Ile. On mentionne sur la même page que les tempêtes du nord-est perturbent sensiblement le cours normal des courants. La meilleure façon de vérifier ces deux hypothèses serait de faire des mesures du courant "in situ" durant une période d'au moins un mois lunaire à une époque de l'année où les vents du nord-est prédominent.

Dans le rapport mentionné ci-haut on rapporte en page 3 les six commentaires du capitaine Rousseau qui résument la situation. Comme ces commentaires sont faits vraisemblablement par un navigateur d'expérience, on devrait en tenir rigoureusement compte.

Des indications fournies par le Ministère des Transports sont résumées par ACS dans deux comptes rendus. Dans les minutes de la réunion tenue au

Bureau du Ministère des Transports à Ottawa le 15 février 1973, à la page 5 le M.O.T. indique que les manoeuvres d'approche ne devraient pas s'effectuer lorsque la vitesse du courant est supérieure à 2 noeuds et que l'accostage ne devrait s'effectuer, au début du moins, qu'en plein jour. Si on considère de plus l'hypothèse formulée plus haut que les courants de flot ne se produisent pas durant les marées de morte eau en même temps qu'il faut accoster de jour avec des courants n'excédant pas deux noeuds, le temps disponible peut être restreint au point de ne pas permettre le transbordement du pétrole au rythme prévu. Il faudrait faire des calculs pour déterminer le nombre d'heures disponibles au cours de chaque mois de l'année. A remarquer que les jours sont plus courts en automne et en hiver à l'époque ou par surcroît les conditions climatiques sont plus restrictives.

A la rencontre du M.O.T. en date du 22 février 1973 (Minutes de la rencontre du Bureau du Ministère des Transports, Tour "C", Place de Ville, Ottawa.) on rapporte que M.O.T. est à faire rédiger, sous la direction du capitaine Graves, des directives concernant tous les aspects des ports super-pétroliers. Tout indique qu'il faudra que ACS puisse prendre connaissance de ces directives avant de proposer des modalités d'accostage définitives.

Sauf ce qui précède, il n'y a rien à ajouter au chapitre D-5 du rapport préliminaire de ACS qui discute des manoeuvres et de l'accostage puisqu'on indique que ce chapitre est préliminaire (copie datée mars 1973) et qu'il est basé sur l'ensemble des données recueillies par ACS.

6.3 MESURES DE CONTROLE DES PERTES DE PETROLE AU COURS DU TRANSBORDEMENT

Six configurations de port sont proposées par ACS pour le projet de Grande-Ile. Pour ce qui concerne le contrôle des pertes de pétrole au cours du transbordement on peut grouper les six propositions de ACS en deux catégories. Le premier schéma propose la construction de quais au "fil-de-l'eau" tandis que les cinq autres schémas prévoient l'aménagement d'un bassin.

Le contrôle des pertes de pétrole dans un bassin est assez facilement résolu en fermant l'entrée du bassin au moyen d'un barrage flottant, semblable à celui que montre la Fig. 1. L'installation d'un barrage flottant à l'entrée d'un bassin est concevable parce que les courants sont relativement faibles et que la houle n'est pas très forte dans cette région de l'estuaire.

Le contrôle des pertes de pétrole est beaucoup plus difficile à assurer lorsque les quais sont au fil de l'eau. La méthode de contrôle la plus sûre serait d'entourer le navire d'un barrage. C'est la solution proposée par la firme Soros Associates Inc, qui fait l'étude des possibilités de développement de port en eau profonde au large de la côte est des Etats-Unis (North Atlantic Deep Water Terminal: Ocean Industry, Oct. 72, p. 19-23). La force des courants est un facteur important à considérer dans le cas de quais au fil de l'eau. Des études en laboratoire conduites par Wilkinson au Conseil National de Recherches du Canada (Wilkinson, D.L., Containing Oil Slicks in Flows of Finite Depth: 13th International Conference on Coastal Engineering, 1972 paper No B-3) ont démontré que lorsque les courants sont trop forts (coefficient de Froude excède 0.51) le pétrole est entraîné sous le barrage. On réalise qu'on ne résout pas le problème en augmentant la profondeur du barrage puisqu'on augmente en même temps l'intensité du courant. La possibilité d'entourer les navires d'un barrage flottant, même si c'était techniquement réalisable, demeure donc problématique. Une autre solution plus facilement réalisable serait d'insérer sous les boyaux de raccordement un auge immense qui pourrait récupérer les pertes de pétrole de quelque nature qu'elles soient.

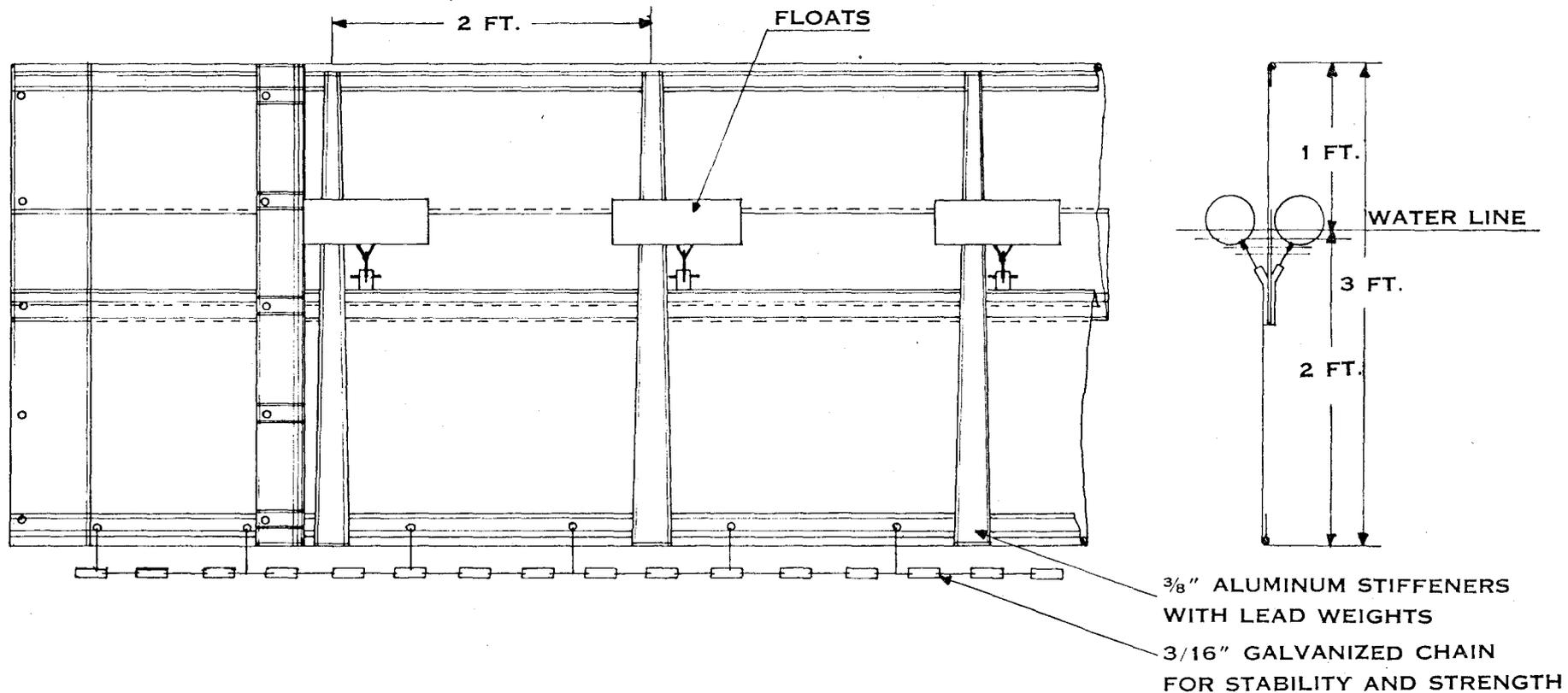
A noter que la firme Soros Associates, mentionnée plus haut, prévoit pour le projet de port en eau profonde effectué pour le compte de l'office of Research and Development, Maritime Administration, U.S. Department of Commerce, que le coût des systèmes de contrôle de la pollution se chiffrera à 10% du coût total du projet.

6.4 AIDES DE NAVIGATION

Il sera sans doute prévu pour le port de Grande-Ile l'ensemble des aides de navigation conventionnels que l'on retrouve à l'approche de tous les ports, bouées, balises, lumières, etc. Ces aides conventionnels n'empêchent pourtant pas les accidents de se produire fréquemment. C'est donc plutôt le concept des méthodes de navigation qu'il faut modifier pour éliminer les causes d'accident. Il faudrait concevoir l'acheminement d'un navire vers un port de la même façon qu'un avion approche un aéroport. Lorsque l'avion entre dans la zone d'approche, le poste de contrôle de l'aéroport repère l'avion sur l'écran de radar et prend la situation en mains. Ce poste de contrôle qui est au courant des allées et venues des tous les avions est en mesure de dicter à tel appareil en particulier les procédures pour atterrir en toute sécurité. Le même concept pourrait s'appliquer à l'approche des navires s'il existait un réseau de radar sur la terre ferme et des lois qui obligent les navires à se conformer aux directives qui leur sont fournies par le centre de contrôle situé sur la terre ferme. Dans de telles conditions le Torrey Canyon ne se serait pas échoué sur les côtes de Cornwall ni l'Arrow sur le rocher de Cerbère dans la baie de Chedaboucto en Nouvelle-Ecosse.

Plusieurs ports de mer sont équipés de radars terrestres. Un tel système a été implanté dans le port de Rotterdam en 1956. C'est donc dire que l'idée n'est pas neuve et que la technologie est à point. On voit sur la figure 2 le réseau de radar du fleuve Elbe. Ceci démontre qu'un réseau de radar terrestre permet de contrôler efficacement la navigation dans des conditions beaucoup plus difficiles que celles rencontrées à Grande-Ile. La Compagnie Philips, par exemple, précise que les radars terrestres sont plus précis parcequ'on peut utiliser des antennes plus grandes et qu'on dispose à terre de plus d'espace pour l'appareillage électronique. On peut ainsi garantir une précision de 20 mètres plus 0.25% de la portée du radar avec une précision angulaire de 0.4° .

Il faudrait donc étudier sérieusement ce type d'aide de navigation en tenant compte en particulier des conditions particulières de Grande-Ile, soit la glace en hiver qui rend difficile le balisage au moyen de bouées et la brume et la neige qui diminuent la visibilité plusieurs jours par année.



THE ALUMINUM STIFFENERS WITH LEAD WEIGHTS ARE SEWN INTO A SEPARATE DOUBLE LAMINATED POCKET BEFORE BEING SEWN ON TO THE FABRIC AND EACH STIFFENER SPACED AT TWO FEET CENTERS.

Figure 10 Modèle de barrage flottant fabriqué commercialement.
Peu importe le modèle utilisé, les barrages flottants ne sont efficaces que lorsque le courant est faible.



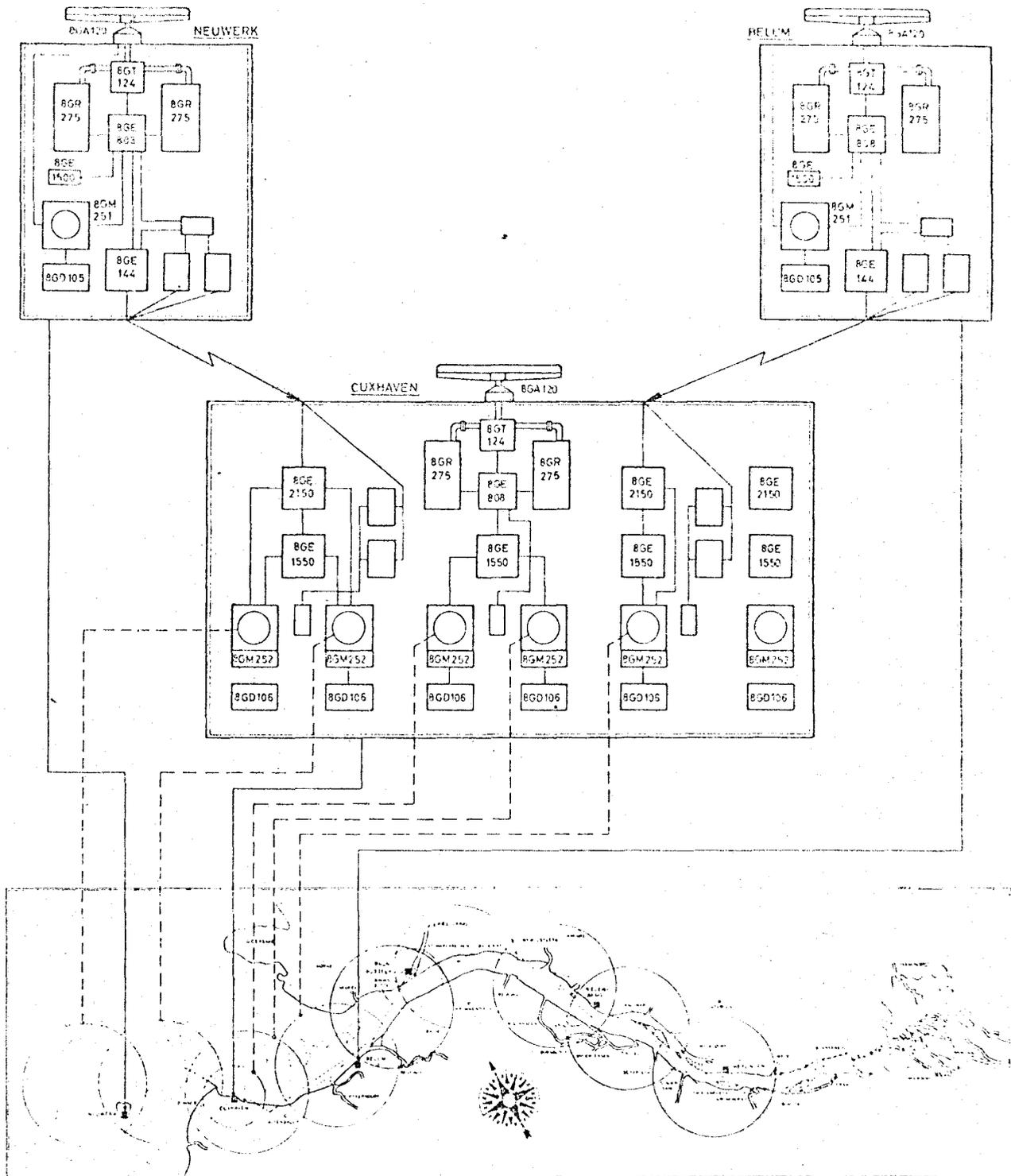


Figure 11 Schéma qui montre comment fonctionne le réseau de radar du fleuve Elbe

7 PROCEDURE DE SURVEILLANCE ET

DE CONTROLE DES FUITES D'HUILE

7

PROCEDURE DE SURVEILLANCE ET
DE CONTROLE DES FUITES D'HUILE

7.1 INTRODUCTION

On peut réduire de beaucoup la fréquence et le nombre de fuites de pétrole dans un superport pétrolier, mais tôt ou tard des circonstances défavorables se combinent et inévitablement, il arrive des accidents.

Afin que des mesures soient prises dans ces cas, les fuites doivent être rapportées le plus rapidement possible. De plus, il existe une relation de cause à effet pour ces fuites, telle que la recherche des causes d'un accident permettra d'éviter qu'il se renouvelle, de même que la connaissance des causes habituelles d'accident orientera la surveillance.

7.2 CAUSES DES FUITES

Les raisons principales de la pollution dans les ports pétroliers sont les défauts de conception, les défaillances mécaniques, les fuites durant les transbordements et, surtout, les erreurs humaines. Qu'on ajoute, à l'intérieur et en dehors du port, la décharge des eaux de lest de réservoirs et des eaux de cale huileuses, et nous saurons sur quoi porter notre attention.

7.3 MESURES POSSIBLES

7.3.1 Défauts de conception

Ce point n'entre pas dans la surveillance routinière mais les constructeurs des ports et des pétroliers ne peuvent négliger l'étude de tous les accidents attribués à cette cause.

7.3.2 Défaillances mécaniques

La majorité des accidents causés par un bris mécaniques pourraient être évités par une inspection périodiques des réservoirs, lignes et boyaux. Tout l'équipement immergé, y compris les pétroliers, peut être vérifié par un petit sous-marin équipé d'appareils ultrasoniques ou d'un fluoroscope excité par un traceur (Rhodamine B) à l'intérieur de l'équipement à examiner (1).

Les valves et les joints doivent être entretenus régulièrement afin d'éviter les fuites chroniques. De même, les séparateurs huile-eau des égouts pluviaux du port (il est inconcevable que ces égouts ne soient pas équipés de séparateurs) doivent être vidés et entretenus.

7.3.3 Fuites durant les transbordements

Ces fuites se rapportent régulièrement aux causes 2 et 4 et leurs solutions sont celles de ces dites causes. Toutefois, quelques détails spécifiques méritent d'être élaborés.

Il est nécessaire de rédiger des procédures strictes pour les opérations de transfert d'huile et de veiller à l'application de ces mesures. La motivation du personnel pouvant être insuffisante pour ce faire, une contrainte, telle la présence d'inspecteurs serait sans doute utile.

D'autre part, on constate que nombre d'accidents sont dus au débordement des réservoirs. On peut y remédier simplement en installant des alarmes pour haut niveau avertissant qu'une fuite est imminente.

Enfin, on peut équiper les lignes de transbordement de valves de sureté pouvant minimiser les dégâts en cas de bris de ligne.

7.3.4 Erreurs humaines

On ne peut qu'instituer des programmes d'entraînement régulier pour le personnel d'opération. Il faut éveiller son intérêt pour en faire un personnel attentif, motivé et qualifié. De tels programmes existent ⁽²⁾; s'ils ne sont pas applicables tels quels, on peut les adapter et en concevoir d'autres. L'idéal n'est pas d'imposer une ligne de conduite au personnel, mais de toucher sa compréhension.

7.3.5 Décharges illégales

Ces fuites sont associées à celles qui échappent aux contrôles précités. Nous allons examiner les moyens pour les découvrir.

7.4 DETECTION DES AUTRES FUTTES

Une fuite échappant au contrôle du personnel du port et des bateaux peut être rapportée par un détecteur électronique ⁽³⁾ ou par d'autres observateurs.

Des vaisseaux de patrouille peuvent naviguer dans les environs immédiats du port et jusqu'aux limites où il est possible de découvrir une nappe de pétrole due à une fuite ou à une décharge illégale. Cette tâche peut également être remplie par un petit avion, ce dernier pouvant couvrir plus rapidement un territoire plus grand.

Outre ces observateurs officiels, il est nécessaire de sensibiliser tout individu susceptible de repérer une fuite d'huile et de lui indiquer les autorités à contacter. De cette façon les bateaux de pêche et de plaisance ainsi que les autres navires du gouvernement deviendront observateurs occasionnels. Il en est de même pour les avions privés ou commerciaux, et pour tous les gens pouvant entrer en contact avec l'eau.

Ces observations seront d'ailleurs nécessaires dans le cas d'un désastre pour suivre l'évolution du polluant. On pourra alors les appuyer grâce aux techniques de télédétection.

7.5 TELEDETECTION

Ces techniques s'appliquent à un domaine plus vaste que le port, mais on ne peut négliger le fait que les pétroliers ne sont pas toujours au port, et qu'en plus de décharges illégales, ils peuvent s'échouer, entrer en collision, couler.

Ces méthodes permettent de détecter, évaluer et même identifier à distance une fuite d'hydrocarbure. Elles présentent sur l'observation directe l'avantage d'opérer dans toute la gamme des ondes électromagnétiques et de fournir un document reproductible et interprétable.

En effet, dans le visible, le contraste entre l'huile et l'eau est peu prononcé. La coloration gris vert de l'eau polluée par l'huile peut facilement être acceptée par l'oeil comme une teinte normale pour l'eau.

Le principe de base de la télédétection est que l'absorption, l'émission, la diffraction et la réflexion de l'énergie électromagnétique par une matière donnée sont sélectives en fonction de la longueur d'onde et spécifiques à cette matière. Selon qu'on "éclaire" artificiellement l'objet ou qu'on observe la lumière qu'il émet naturellement, on distingue les modes actif et passif.

Les récepteurs, placés à bord d'un avion, peuvent être:

1- la pellicule photographique, 2- le spectrographe, reproduisant les résultats de son balayage sur pellicule photo ou sur ruban magnétoscopique; et 3- l'antenne radar ou radiométrique. Ce dernier ne fournit pas d'image comme telle mais présente l'avantage de ne pas être affecté par la météo.

7.6 TRAITEMENT DES IMAGES

Une image infrarouge peut être mise en valeur par coloration densitométrique. Cette méthode permet d'accentuer le contraste en éliminant certaines nuances et en accentuant d'autres. Un planimètre digital peut donner immédiatement le % de la surface représentée par la nuance choisie. On obtient ainsi l'étendue de la nappe d'huile.

Par ailleurs, l'étude comparative des images thermiques et infrarouges d'un même domaine permet de déterminer l'épaisseur de la nappe.

Enfin, on peut interpréter le spectre de fluorescence d'une nappe d'huile et en déterminer l'origine car la fluorescence est sélective. En ce domaine, on peut utiliser, en mode actif, le laser, pour provoquer la fluorescence.

7.7 INSTRUMENTS

De multiples contrats ont été accordés pour développer des appareils spécifiquement construits pour la télédétection des nappes d'huile. (ex. Spectracan reçoit \$58,780. pour concevoir en 5 mois un appareil de détection et de surveillance à senseurs multiples pour les fuites d'huile, U. R. S. Research reçoit \$37,630. pour un détecteur de nappes d'huile, Perkin Elmers, \$26,450. pour un spectrographe monochromatique, etc...).

La description des instruments utilisés pour les recherches dans ce domaine permet de concevoir constamment des nouveaux types.

7.8 IDENTIFICATION DES NAPPES

Il peut être nécessaire d'identifier une nappe d'huile dont la provenance est inconnue pour quelque raison. Outre la fluorescence, deux approches s'offrent aux autorités:

1- marquer, au départ d'un pétrolier, les hydrocarbures au moyen d'un additif non dégradable

2- identifier le polluant par comparaison avec un échantillon de la source soupçonnée.

On dispose pour l'analyse, des méthodes de chromatographie en phase gazeuse, spectrographie de masse, analyse par activation neutronique, infrarouge et d'autres encore.

7.9 CONCLUSION

Le moyen le plus efficace pour empêcher la pollution par l'huile est d'arrêter les fuites. Cette tâche est l'affaire de beaucoup de gens et le premier pas à franchir est la sensibilisation de ces gens. Pour le reste, il faudra tirer constamment des leçons à partir des erreurs.

7.10 BIBLIOGRAPHIE

1. WADSWORTH OWEN & LEAF WILLIAM "Oil Spill Prevention and Detection Using an Instrumented Submersible", Conference on Prevention & Control of Oil Spills, Sheraton Park Hotel, Washington D.C., June 15-17 1971
2. HAMMER, Paul M. "Prevention of Marine Pollution Through Understanding", Conference on Prevention & Control of Oil Spills, Sheraton Park Hotel, Washington D.C., June 15-17 1971
3. "Shell Spots Oil Spots", Chemical Week 107 (9): 15, Aug. 26 1970

8 APPARENCE DES INSTALLATIONS POR-

TUAIRES DE GRANDE-ILE, KAMOURASKA

8 APPARENCE DES INSTALLATIONS PORTUAIRES

DE GRANDE-ILE, KAMOURASKA

Les travaux de génie ont acquis la mauvaise réputation au cours de la révolution industrielle de XIX^e au XX^e siècle de manquer de valeur esthétique. On peut faire utile et beau; à preuve le Pont du Gard près d'Avignon en France, que tous admirent et qui est un aqueduc construit par les Romains pour des fins purement utilitaires. Il peut en être de même pour les installations portuaires et mentionnons à titre d'exemple que celles de Cap-aux-Meules, Matane et Baie-Comeau n'enlèvent rien à la beauté naturelle du paysage.

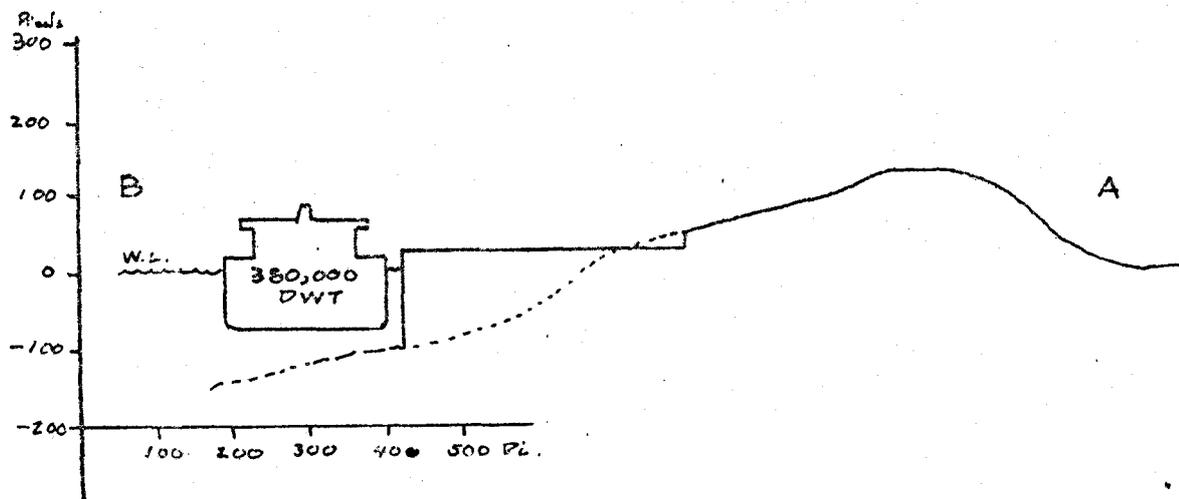
Dans le cas particulier de Grande-Ile, on peut donc prendre pour acquis que les quais et la jetée qu'on se propose de construire ne sont pas en soi des éléments préjudiciables en autant qu'on prenne les mesures nécessaires pour que l'ensemble des constructions donnent l'impression de travaux finis et d'une propreté impeccable.

Il arrive assez souvent que les travaux de génie soient élégants en soi mais que le coup d'oeil qu'ils laissent soit désagréable parceque les travaux d'aménagement ont été mal dirigés. On peut citer un cas typique, c'est celui du John McKay Bridge qui relie les villes de Halifax et Dartmouth en Nouvelle-Ecosse. Le pont lui-même est élégant et cadre assez bien dans le paysage si ce n'est qu'au cours de la construction du pont et surtout des artères routières qui y conduisent, on a procédé au dynamitage de grandes quantités de roc dans le voisinage du pont et on a dénudé des surfaces immenses de verdure, de sorte que même si le pont est élégant, l'ensemble ne donne pas un beau coup d'oeil.

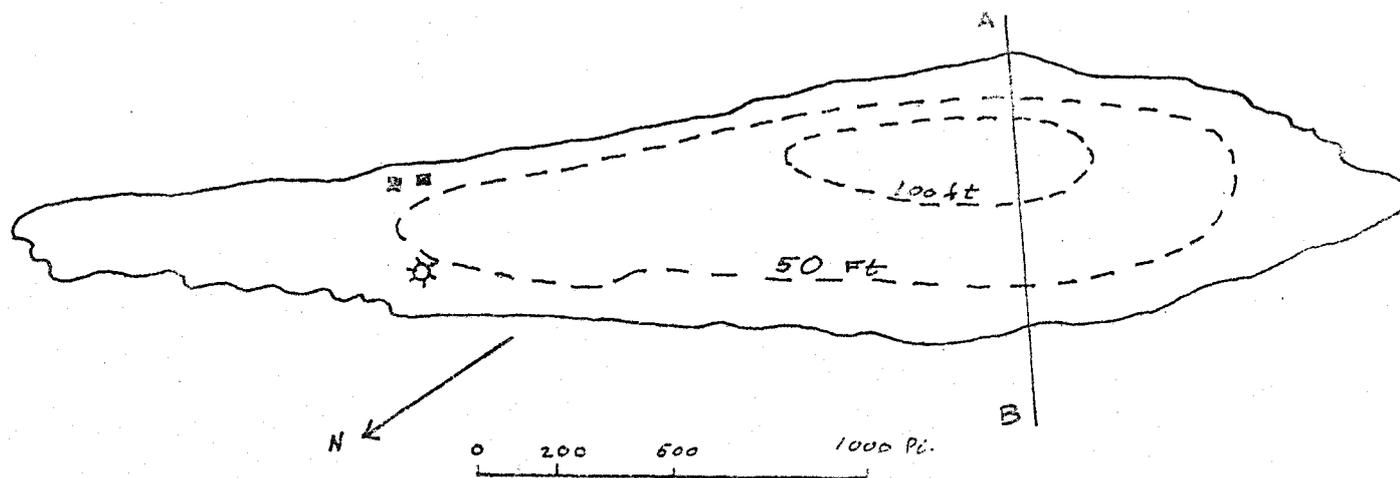
Pour ce qui concerne le projet de Grande-Ile il faudrait prévoir des modalités de construction pour la jetée et le port qui prévoient de laisser intacts les environs immédiats des chantiers de construction. Les terres agricoles

peuvent être facilement réaménagées après la construction, mais il n'en est pas de même des marais salants dont la stabilité dépend d'un équilibre délicat de la nature. Il faudra donc veiller à ce que l'activité des constructeurs se limite à l'espace qui sera éventuellement recouvert par la jetée. L'impact de la jetée sur l'environnement et sur les marais salants est discuté ailleurs. Mentionnons que l'enlèvement des marais qui pourrait résulter d'une jetée mal conçue aurait un mauvais impact visuel en plus d'être néfaste à la faune aquatique.

En tant que la construction des quais eux-mêmes est concernée nous considérons le schéma No 1 proposé par ACRES, qui propose la construction de trois quais "au fil de l'eau" au large de Grande-Ile, parceque c'est la solution que préféreraient les pilotes consultés par la compagnie ACRES. On constate sur la figure ci-jointe que les quais et les navires seraient pour la plus grande partie invisibles de la terre ferme. Pour ne pas altérer l'apparence de l'île, il suffira de planifier l'excavation du roc, soit pour créer l'espace nécessaire ou pour obtenir du matériel de remplissage, de façon à ne pas dépasser la crête de l'île. En procédant de cette façon, on ne verra pas de la terre ferme d'entaille dans le profil oblong de Grande-Ile et on pourra dire des installations portuaires qu'elles s'intègrent parfaitement au paysage paisible de la région de Kamouraska.



Section A B montrant les proportions qui existent entre un pétrolier de 380,000 D.W.T., le quai prévu sur le schéma No 1 de ACRES et Grande-Ile.



Grande-Ile. Contours topographiques transcrits de la carte topographique: St-Pascal 21N/12W.