



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

Service de la  
protection de  
l'environnement

Environmental  
Protection  
Service

112 449

# Évaluation de divers récupérateurs et pompes à hydrocarbures

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 502 823

SPÉCIMEN

TD  
182  
R46  
4-EC-81-4F

Développement technologique  
Rapport SPE 4-EC-81-4F

Direction générale du contrôle des incidences environnementales  
Decembre 1981

## **SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

Les rapports sur le développement technologique décrivent l'outillage et les procédés techniques, ainsi que les résultats des études portant sur les laboratoires, les installations d'essai, les démonstrations, ou l'évaluation des équipements. Ces rapports constituent une source centrale de renseignements sur les activités et la mise en valeur du Service de la protection de l'environnement.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; analyse économique et technique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à l'enquête publique; et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

7000695H

**ÉVALUATION DE DIVERS RÉCUPÉRATEURS ET POMPES À HYDROCARBURES**

Direction des interventions d'urgence  
Service de la protection de l'environnement  
Environnement Canada



Publication distribuée par  
Environnement Canada  
Ottawa VIA 1C8

Édition française de  
An evaluation of Oil Skimmersand Pumps  
préparée par le Module d'édition française  
de Environnement Canada

©

Ministre des Approvisionnements et Services

## RÉSUMÉ

Une série d'essais ont été réalisés dans le bassin expérimental d'Arctec Canada Ltd. à Kanata, en Ontario, afin d'évaluer cinq récupérateurs d'hydrocarbures et certains dispositifs connexes. Les essais ont été effectués avec du brut vénézuélien et du combustible pour moteur diesel d'une épaisseur variant de 1 à 10 mm.

Dans le cadre du programme, deux récupérateurs statiques, un récupérateur semi-statique télécommandé, deux dispositifs mobiles (l'un remorqué et l'autre complètement autonome) et deux pompes ont été évalués. Dans le cas du récupérateur dynamique autonome, des essais ont également été effectués sur le terrain à Annapolis, au Maryland, avant l'évaluation en laboratoire.

## ABSTRACT

A series of laboratory trials was conducted in the test tank of Arctec Canada Ltd. Kanata, Ontario, in order to evaluate five oil skimmers and a number of related devices. Tests were conducted using Venezuelan crude and diesel oils, at oil slick thicknesses of 1 to 10 mm.

The program included two stationary skimmers; one remotely controlled semi-stationary skimmer; two mobile machines (one towed unit and one completely self-contained skimmer package); and two pumps. Field trials of the self-contained unit were also undertaken in Annapolis, Maryland, prior to the laboratory evaluation.

## AVANT-PROPOS

Le contenu du présent rapport est tiré d'un document présenté par Arctec Canada Ltd. de Kanata (Ontario). M. L.B. Solsberg d'Environnement Canada a agi comme responsable scientifique et a collaboré à la rédaction ainsi qu'à l'édition du rapport avec M. S.G. Potter, également au service du Ministère, et M<sup>me</sup> S. Lawrie, employée contractuelle d'Environnement Canada. M. W.G. Wallace d'Eastern Marine Services Ltd., de Musquodoboit Harbour (Nouvelle-Écosse), a participé à l'évaluation de même qu'à la préparation du rapport.

## REMERCIEMENTS

Environnement Canada est redevable aux fabricants d'équipement qui ont fourni le matériel d'essai. Des remerciements sont également adressés à M. Bill Burgess du ministère des Richesses naturelles du Maryland et à son personnel qui ont permis la réalisation des essais sur le terrain du dispositif Scoop d'Offshore Devices Inc.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	III
ABSTRACT	III
AVANT-PROPOS	IV
REMERCIEMENTS	IV
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
Liste des planches	IX
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	XI
1 INTRODUCTION	1
2 RÉCUPÉRATEURS DE MORRIS INDUSTRIES	3
2.1 Description	3
2.2 Méthodes	3
2.3 Résultats	6
2.4 Discussion	10
3 RÉCUPÉRATEUR <u>OIL MOP</u>	13
3.1 Description	13
3.2 Méthodes	13
3.3 Résultats	16
3.4 Discussion	20
4 RÉCUPÉRATEUR DE LPI	22
4.1 Description	22
4.2 Méthodes	22
4.3 Résultats	22
4.4 Discussion	26
5 RÉCUPÉRATEUR <u>SCOOP</u> D'OFFSHORE DEVICES	28
5.1 Description	28
5.2 Sur le terrain	28
5.3 Remarques sur le <u>Scoop</u>	31
5.4 Essais en laboratoire et méthodes	35
5.5 Résultats des essais	36
5.6 Discussion	39
5.7 Conclusions	39
6 ÉVALUATION DES POMPES	41
6.1 Méthodes	41
6.2 Description des pompes et résultats des essais	46
6.2.1 Pompe rotative de Roper	46

## VI

6.2.2	Pompe de Komline-Sanderson	50
6.3	Discussion et conclusions	52
6.3.1	Étude des résultats	53
6.3.2	Conclusions	56
RÉFÉRENCES		57
ANNEXE A ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DES RÉCUPÉRATEURS À DISQUES		59
ANNEXE B EXAMEN DES CARACTÉRISTIQUES DE STABILITÉ DE L'EMBARCATION <u>SCOOP</u> D'OFFSHORE DEVICES INC.		65
ANNEXE C DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DES HYDROCARBURES		71



**LISTE DES TABLEAUX**

1	Résultats des essais des récupérateurs de Morris Industries	7
2	Récupérateur <u>OIL MOP</u>	17
3	Résultats des essais du récupérateur de <u>LPI</u>	25
4	Pompe et séparateur d'Offshore Devices - résumé des résultats	33
5	Conditions des essais	45
6	Pertes moyennes de charge dues au frottement, en mètres par mètre de tuyauterie	46
7	Fiche d'évaluation de pompe	49
8	Fiche d'évaluation de pompe	50
9	Fiche d'évaluation de pompe	53
10	Fiche d'évaluation de pompe	54
11	Résultats de l'évaluation de diverses pompes	55

## LISTE DES FIGURES

1	Débit réel de récupération des hydrocarbures en fonction de l'épaisseur de la nappe	9
2	Courbes de la teneur en hydrocarbures du liquide recueilli en fonction de l'épaisseur de la nappe	11
3	Récupérateur mis en oeuvre avec une barrière	15
4	Hydrocarbures récupérés en fonction de l'épaisseur de la nappe	18
5	Teneur en hydrocarbures du mélange recueilli en fonction de l'épaisseur de la nappe	19
6	Récupérateur de LPI	23
7	Graphique du rapport du volume enfoncé/volume à récupérer	27
8	Parcours en demi-cercles (essai n° 2)	30
9	Schéma des essais de la pompe et du séparateur d'Offshore Devices	37
10	Graphique de la teneur corrigée en hydrocarbures en fonction du débit de pompage des hydrocarbures	40
11	Schéma du montage d'essai des pompes	42
12	Schéma détaillé du montage d'essai des pompes	43
13	Schéma de la pompe rotative de Roper	47

**LISTE DES PLANCHES**

1	Récupérateur (modèle <u>MI-2</u> ) de Morris Industries à l'oeuvre	4
2	Récupérateur (modèle <u>MI-30</u> ) de Morris Industries	5
3	Récupérateur <u>OIL MOP</u> au cours d'un essai en dynamique	14
4	Récupérateur de <u>LPI</u> - vue du fond	24
5	Mise à l'eau du <u>SCOOP</u> Barrière d'Offshore Devices Barrières d'Offshore Devices et de Whittaker durant les essais	29
6	Montage de la pompe et du séparateur d'Offshore Devices	38
7	Installation d'essai	44
8	Pompe de Roper en service	48
9	Pompe de Komline-Sanderson au cours des essais	51



## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### CONCLUSIONS

**Récupérateurs.** Le débit réel de récupération des hydrocarbures des récupérateurs statiques oléophiles évalués est étroitement lié aux caractéristiques d'étalement des hydrocarbures de même qu'à celles du fonctionnement de chaque récupérateur. La teneur en hydrocarbures du liquide recueilli par ce type de récupérateur est très élevée et n'est pas améliorée de façon notable par une courte période de décantation.

Pour des nappes d'environ 2 à 5 mm d'épaisseur, le fait de les ceinturer d'une barrière augmente non seulement le débit de récupération des hydrocarbures mais également la teneur en hydrocarbures du mélange recueilli. Lorsque la nappe atteint moins de 2 mm d'épaisseur, la teneur en eau augmente rapidement surtout dans le cas du pétrole brut.

L'utilisation d'un petit séparateur de 1000 l/mn n'est appropriée qu'avec un récupérateur du type à déversoir, lorsque la teneur en hydrocarbures du mélange recueilli est faible.

**Pompes.** Une pompe volumétrique (de préférence multicellulaire) conçue pour les utilisations sur le terrain est le mieux adaptée au nettoyage dans les cas de déversement. Parmi les pompes examinées, la Megator L150 et la pompe de Komline-Sanderson sont celles qui conviennent le mieux.

La pompe volumétrique d'Offshore Devices n'a pas été évaluée selon la même période, (l'objectif de l'essai étant d'évaluer la pompe et le séparateur. Ses fortes pressions d'aspiration et de refoulement, son débit élevé et sa capacité réglable de pompage rendent son utilisation avantageuse dans les opérations de nettoyage.

### RECOMMANDATIONS POUR LES PROCHAINS PROGRAMMES D'ÉVALUATION

Les prochains programmes d'évaluation de récupérateurs devraient inclure des recherches de base sur les sujets suivants:

1. L'effet du mode de récupération dynamique ou statique, sur le débit de récupération des hydrocarbures.- Une augmentation du débit a été observée au cours du présent programme lorsque les récupérateurs se déplaçaient. L'augmentation maximale n'a pu être quantifiée en raison des difficultés de manoeuvre dans le bassin de 6 sur 18 m, où de fréquents virages à 180° dans des zones couvertes seulement par une mince pellicule d'hydrocarbures ont dû être effectués. Sur le terrain ou dans un bassin plus grand, les zones d'eau libres pourraient être évitées.
2. Les limites des récupérateurs oléophiles.- D'autres tests devraient être effectués au cours desquels les variables dépendantes suivantes seraient mesurées:
  - a) Le gradient d'épaisseur de la nappe d'hydrocarbures.- L'épaisseur devrait être mesurée avant l'essai dans une zone ceinturée par une barrière, lorsque le

récupérateur est en marche, et à diverses distances à partir du récupérateur jusqu'à la barrière. Le gradient d'épaisseur est un facteur important pour l'estimation de l'efficacité maximale d'un récupérateur oléophile. Au cours des essais effectués, des pellicules d'hydrocarbures de 1 mm d'épaisseur ou moins ont été observées alors que l'épaisseur moyenne était de 3 ou 4 mm.

- b) Une telle étude permettra d'établir des formules décrivant les forces agissant sur une pellicule d'hydrocarbures transportée par un corps oléophile.
- c) Les conditions d'essai devraient comprendre le froid. Les récupérateurs examinés devraient être éprouvés dans une pièce froide où la température de l'air ambiant varie de  $0^{\circ}\text{C}$  à  $-25^{\circ}\text{C}$  selon une méthode similaire à celle qui a été employée pour permettre la comparaison des résultats obtenus.

## 1. INTRODUCTION

Depuis 1973, la Division de la recherche et du développement de la Direction des interventions d'urgence d'Environnement Canada évalue des dispositifs de récupération des hydrocarbures déversés. En 1978-1979, elle a retenu les services d'Arctec Canada Ltd., de Kanata (Ontario), et d'Eastern Marine Services Ltd., de Musquodoboit Harbour (Nouvelle-Écosse), en vue d'un examen approfondi des huit dispositifs suivants:

1. le récupérateur statique MI-2 de Morris Industries;
2. le récupérateur statique MI-30 de Morris Industries;
3. l'Oil Mop (récupérateur télécommandé);
4. le LPI (récupérateur dynamique);
5. le Scoop d'Offshore Devices (ensemble comprenant barrière, pompe, séparateur et bateau);
6. la pompe et le séparateur d'Offshore Devices (faisant partie du Scoop);
7. une pompe à membrane de Komline-Sangerson;
8. une pompe rotative à engrenages de Roper;

Le Scoop a d'abord été évalué dans la baie de Chesapeake, au Maryland, en août 1978 à l'aide du prototype appartenant au ministère des Richesses naturelles du Maryland.

Avant les essais, l'équipe d'évaluateurs canadiens a visité l'installation d'essai et de simulation pour les hydrocarbures et les matières dangereuses (Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank ou OHMSETT) à Leonardo (N.J.) où, en compagnie du personnel américain, elle a pris connaissance des films réalisés dans le bassin de même que du résultat des essais.

L'efficacité des dispositifs a été déterminée d'après les paramètres suivants:

1. Teneur en hydrocarbures du mélange recueilli: volume d'hydrocarbures récupérés par rapport au volume total de liquide recueilli; ordinairement exprimée en pourcentage.
2. Rendement: volume d'hydrocarbures récupérés par rapport au volume d'hydrocarbures présents; ordinairement exprimé en pourcentage.
3. Débit de récupération des hydrocarbures: ordinairement exprimé en litres à la minute.

Comme les dispositifs examinés existent en plusieurs modèles et dimensions, nos conclusions peuvent ne pas s'appliquer à la gamme complète de dispositifs d'un fabricant. Les résultats devraient toutefois donner une indication de la valeur du principe de fonctionnement de chacun. Les caractéristiques de construction évoluent constamment, et les acheteurs intéressés devraient s'informer auprès des fabricants des améliorations apportées à la suite des essais décrits ici.

Il est à remarquer que l'objectif du présent rapport n'est pas seulement de mettre en lumière les avantages, les inconvénients et les caractéristiques principales de chaque dispositif, mais également d'établir une méthode scientifique pour l'utilisation et l'évaluation de tels dispositifs et d'en encourager l'adoption.

Les recommandations et observations présentées concernant des modifications possibles d'un dispositif particulier sont exprimées par les auteurs. Si ces recommandations devaient être mises en pratique, elles entraîneraient dans la plupart des cas une augmentation des coûts. Là encore, il faudrait consulter le fabricant concernant la disponibilité et le prix des options offertes en sus. Voici le nom et l'adresse des fabricants des dispositifs examinés:

1. Récupérateurs Morris, modèles MI-2 et MI-30  
Morris Industries  
116 Mountain Highway  
North Vancouver, C.-B.  
V7J 2K3  
(604) 986-2189
2. Récupérateur "Oil Mop"  
Oil Mop Pollution Control Ltd.  
Unit 11, 1765 Shawson Drive  
L4W 1N8  
(416) 677-6320
3. Récupérateur LPI  
LPI Corporation  
P.O. Box 113  
Denville, N.J. 07834  
(201) 625-0002
4. Récupérateur "Scoop" d'Offshore Devices  
Pompe et séparateur  
Offshore Devices Inc.  
Summit Industrial Park  
Building 43  
Peabody, Mass. 01960  
(617) 581-6404
5. Pompe Komline-Sanderson  
Komline-Sanderson Ltd.  
72 Orenda Road  
Brampton, Ontario  
L6W 1W1  
(416) 453-5330
6. Pompe Roper  
Pumps & Power Ltd.  
1380 Napier Street  
Vancouver, C.-B.  
V6B 3R6  
(604) 255-4341



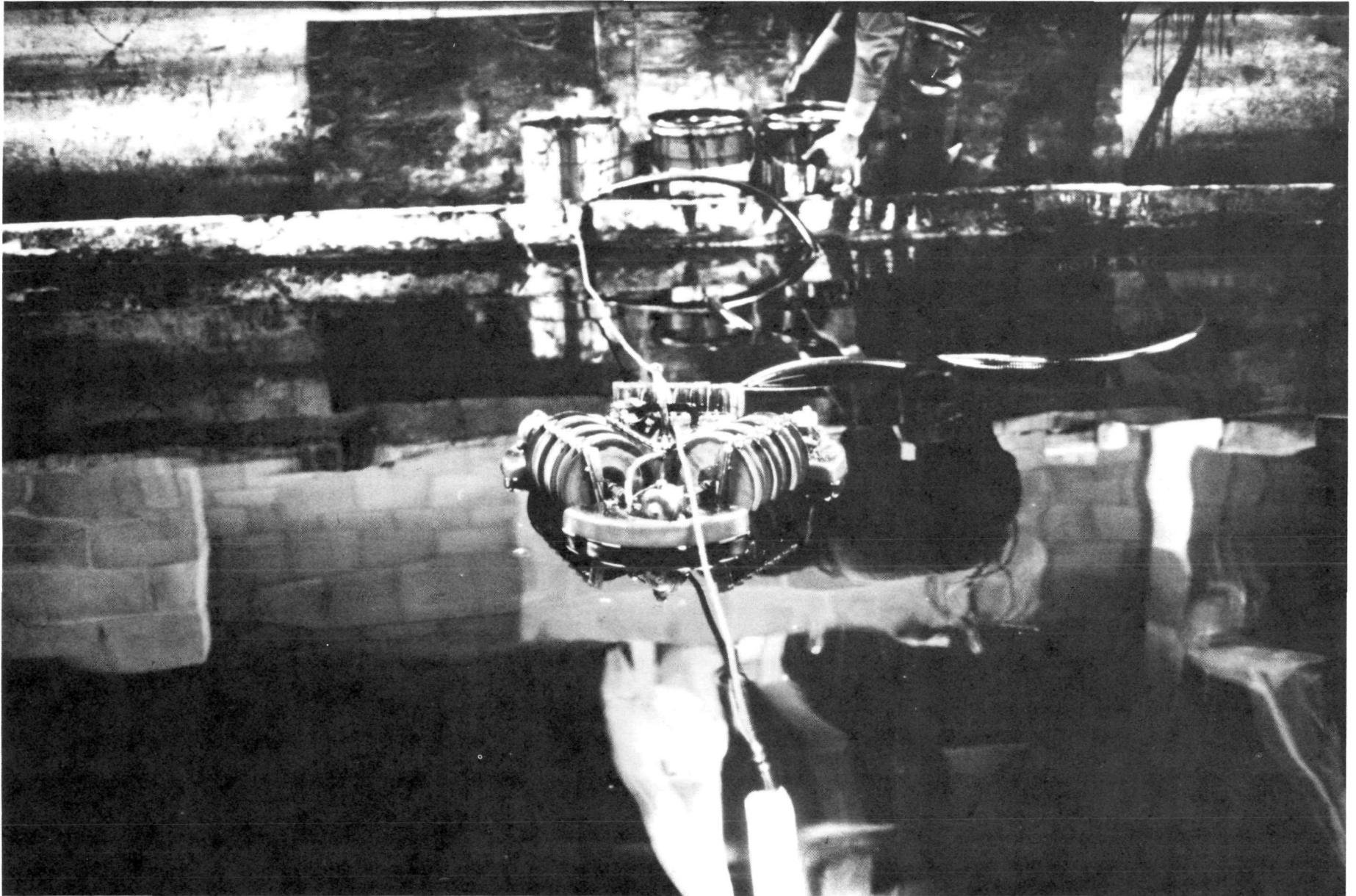


PLANCHE I RÉCUPÉRATEUR (MODÈLE MI-2) DE MORRIS INDUSTRIES EN SERVICE

## 2. RÉCUPÉRATEURS DE MORRIS INDUSTRIES

### 2.1 Description

Les récupérateurs MI-30 et MI-2 sont des dispositifs oléophiles. Il sont constitués de rangées de disques rotatifs de polychlorure de vinyle montés sur trois arbres formant un triangle horizontal. Les hydrocarbures recueillis par chaque disque sont enlevés au moyen de raclettes fixes en polyéthylène à haute densité situées des deux côtés du disque.

Caractéristiques du MI-2 (voir planche 1):

Diamètre	66,0 cm
Hauteur	27,9 cm
Tirant d'eau	6,4 cm
Masse	18 kg ( <u>sans bloc de commande</u> )
N <sup>bre</sup> de disques	21
Diamètre des disques	17,8 cm

Le récupérateur fonctionne à l'aide d'une batterie de 12 V (courant continu) et 20 A; une génératrice ou une batterie ordinaire d'automobile peut être utilisée. Une pompe centrifuge est employée pour retirer le liquide recueilli. On a fait tourner les disques à deux vitesses ne différant pas de plus de 10 p. cent.

Le MI-30 (voir planche 2) avait été évalué l'année précédente, mais des améliorations lui avaient été apportées, dont le remplacement de la pompe centrifuge par une pompe volumétrique. Une nouvelle gamme de vitesses entre 10 et 17 tr/mn (au lieu d'entre 45 et 80 tr/mn) avait été préétablie. La vitesse se règle facilement à l'intérieur de la gamme préétablie. (Cette gamme peut être modifiée au moyen de trois robinets le long des conduites hydrauliques: toutefois, elle ne l'a pas été au cours de l'essai.) Voici les caractéristiques du MI-30:

Diamètre	127,0 cm
Hauteur	55,9 cm
Tirant d'eau	20,3 cm
Masse	68 kg (sans bloc de commande)
N <sup>bre</sup> de disques	30
Diamètre des disques	36,8 cm

Un bloc de commande diesel-hydraulique, comprenant notamment pupitre de commande, combustible et réservoirs de combustible et d'huile, est inclus, ainsi qu'une conduite de commande hydraulique de 15,24 m de long.

### 2.2 Méthodes

Les deux modèles ont été soumis à des essais identiques avec des types et épaisseurs semblables d'hydrocarbures.

Le récupérateur a été mis à l'eau à l'intérieur d'une surface fermée de 5 sur 5 m, et les hydrocarbures ont été déversés de façon à obtenir une nappe homogène de 10 mm d'épaisseur. Le récupérateur a été mis en marche, et le liquide recueilli a été renvoyé à l'intérieur de la barrière jusqu'à ce que le débit d'hydrocarbures soit uniforme, puis accumulé dans des fûts de 2, 5 ou 20 litres. Le temps de remplissage a été noté. On a laissé décanter le liquide obtenu pendant quelques minutes; cependant, dans aucun essai

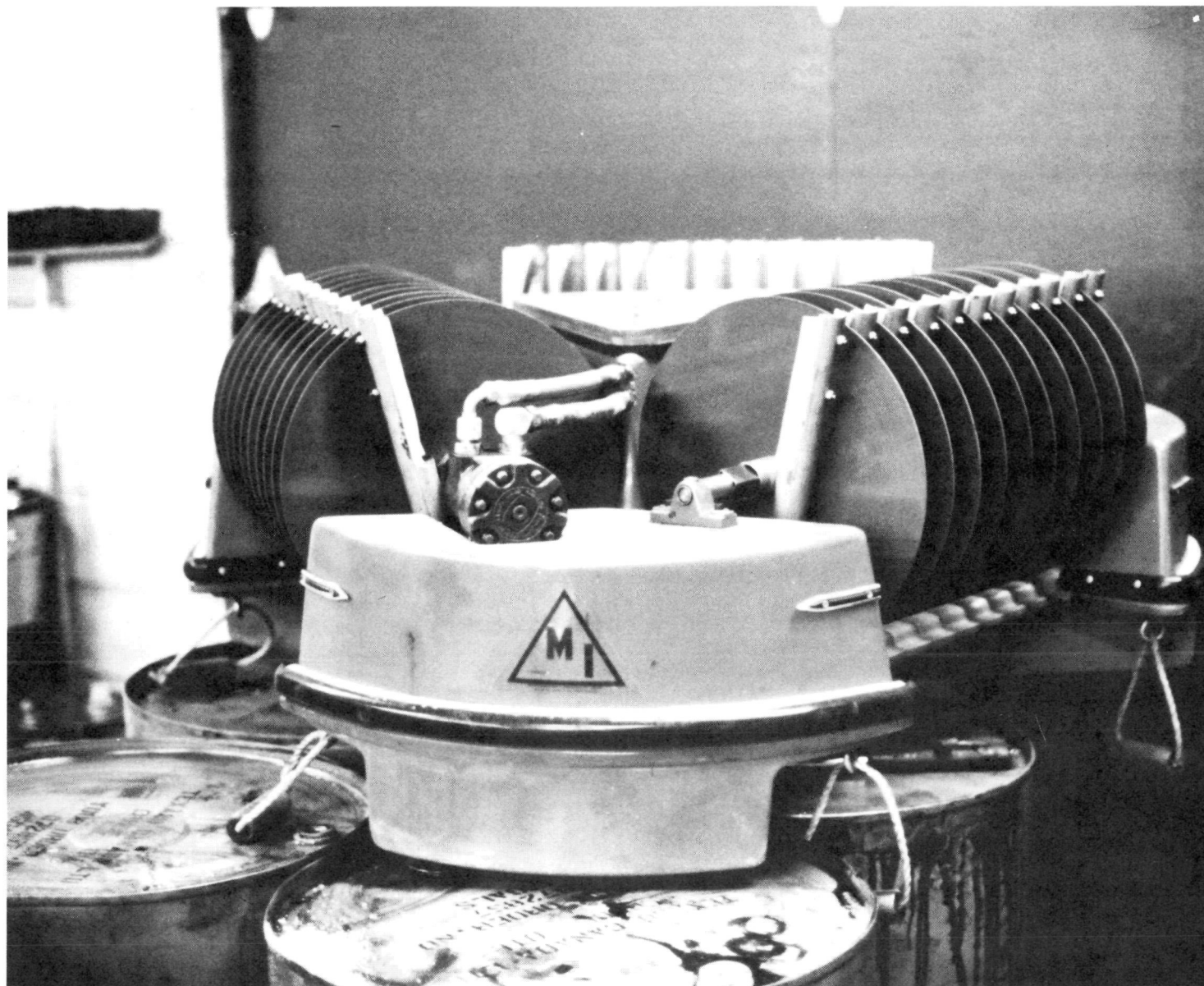


PLANCHE 2 RÉCUPÉRATEUR (MODÈLE MI-30) DE MORRIS INDUSTRIES

n'a-t-on observé de l'eau au fond des fûts. La teneur en eau émulsifiée a été déterminée. L'essai a été répété sur des épaisseurs de plus en plus faibles d'hydrocarbures. Dans tous les cas, les hydrocarbures parvenaient au récupérateur par leur propre force d'étalement. Au cours des essais, le bloc de commande se trouvait à l'extérieur du laboratoire à une température variant entre  $-15$  et  $-25$  °C.

### 2.3 Résultats

Les résultats des essais sont résumés au tableau 1. La figure 1 donne la quantité réelle d'hydrocarbures récupérés en fonction de l'épaisseur de la nappe. Une comparaison du débit de récupération d'hydrocarbures à diverses vitesses des disques indique que le débit est supérieur lorsque la vitesse de rotation (dans la gamme utilisée de 10 à 16,8 tr/mn) est plus élevée. Toutefois, il est important de mentionner que le volume d'hydrocarbures récupérés est comparable à ce qu'il était dans la gamme de 45 à 80 tr/mn (Purves et Solsberg, 1978).

Des courbes d'efficacité et de régression linéaire ont été établies. Les équations obtenues où  $h$  est l'épaisseur de la nappe ( $1 \leq h \leq 10$  mm) et  $Q$ , le débit de récupération (en l/mn) sont les suivantes:

$$1) \text{ pour le MI-30 à } 13,8 \text{ tr/mn avec le pétrole brut} \\ Q = 0,938 h^{1,565} \quad (2.1) \\ \text{Le coefficient de corrélation } r \text{ est de } 0,98.$$

$$2) \text{ pour le MI-30 à } 10,8 \text{ tr/mn avec du pétrole brut:} \\ Q = 0,605 H^{1,666} \quad (2.2)$$

$$3) \text{ pour le MI-30 à } 16,8 \text{ tr/mn avec le combustible pour} \\ \text{moteur diesel:} \\ Q = 0,1 + 1,617 h \quad (2.3)$$

Dans le cas du MI-30 à 10,8 tr/mn avec le combustible diesel, la droite de régression s'aplatit à 4,5 l/mn pour l'une des raisons suivantes:

- parce qu'à 10,8 tr/mn, le débit de récupération du combustible diesel ne dépasse pas 5 l/mn;
- parce que la pression de la pompe hydraulique était de  $250 \text{ lb/po}^2$ , ce qui est plus faible que dans tous les autres essais ( $\sim 350 \text{ lb/po}^2$ ); ou
- à cause de la pression des bulles d'air dans le tuyau de récupération d'hydrocarbures.

Les résultats obtenus avec le MI-2 sont également présentés à la figure 1. On constate que le débit de récupération atteint une limite à 6 l/mn pour le pétrole brut et à 3 l/mn dans le cas du combustible diesel.

La teneur en hydrocarbures du liquide récupéré est présentée à la figure 2. Dans le cas du MI-2, elle est excellente, variant entre 96 et 100 p. cent, tandis que pour le MI-30, elle varie de 72 à 100 p. cent. Elle est supérieure pour le combustible diesel et les nappes plus épaisses.

TABLEAU I RÉSULTATS DES ESSAIS DES RÉCUPÉRATEURS DE MORRIS INDUSTRIES

N° de l'essai	Modèle	Épaisseur de la nappe (mm)	HC (type)	Débit moyen de récupération (l/mn)		Teneur en HC du liquide (%)	Température*		Vitesse des disques (tr/mn)	Observations	
				Liquide total	HC présent		Air (°C)	Eau (°C)			
1	MI-2	10	BRUT	6,1	5,9	97	16,0	12,5	35	Essai 1 à 12: Vitesse estimative des disques (elle n'a pas été mesurée).	
2		9		7,8	7,6	97					
3		9		3,9	3,9	99					
4		8		3,3	3,2	99					
5		8		5,9	5,8	98					
6		6		5,8	5,6	98					
7		6		6,1	6,0	98					13,2
8		5		5,7	5,6	97					
9		5		5,0	4,9	98					13,4
10		4		4,1	4,0	99					
11		3		7,8	2,7	96					13,4
12		3		0,6	0,5	96					
13	MI-30	9	BRUT	11,7	11,3*	96	18,80	14,0	10,8	Essai 13 à 21: Pression de la pompe ( $P_p$ ) de 2070 kPa et pression due à la vitesse des disques ( $P_v$ ) de 2760 kPa	
14		8		16,7	16,1	96					
15		7		19,4	18,7	96					
16		6		16,7	16,1	96					
17		5		8,4	8,0	95					17,0
18		4		5,4	5,1	94					
19		2		3,1	2,8	90					15,0
20		2		1,3	1,1	82					
21		1		1,0	0,7	75					15,0
22		8		26,4	25,9	98					
23		10		30,1	30,5	99					14,0
24		9		31,0	30,4	98					
25	7	27,7	27,1	98	15,0						
26	7	20,9	20,5	98							
27	6	15,6	15,5	98	15,0						
28	5	12,5	12,1	97							
29	4	8,4	8,1	96	16,0						
30	3	5,3	5,0	94							
31	2	2,9	2,5	88	16,0						
32	2	2,1	1,5	73							
33	1	2,0	1,4	72	16,0						
34	1	1,4	1,0	74							

TABLEAU 1 (suite)

N° de l'essai	Modèle	Épaisseur de la nappe (mm)	HC (type)	Débit moyen de récupération (l/mn)		Teneur en HC du liquide (%)	Température*		Vitesse des disques (tr/mn)	Observations
				Liquide total	HC présent		Air (°C)	Eau (°C)		
35	MI-30	10	DIESEL	3,9	3,7	95	15,0	10,5	Essais 35 à 44: P <sub>p</sub> de 1725 kPa et P <sub>v</sub> de 3105 kPa	
36		9		4,4	4,2	97				
37		8		4,5	4,5	100				
38		6		4,4	4,4	99				
39		5		4,3	4,2	98				
40		4		4,7	4,5	96				
41		3		4,5	4,4	96				
42		2		4,3	4,0	94				
43		2		2,9	2,9	98				
44		1		1,4	1,4	98				
45		10		15,6	15,6	100				
46		9		18,8	18,5	98				
47		8		14,2	13,9	98				
48		7		10,2	10,1	99				
49	MI-2	6	DIESEL	6,0	6,0	99	16	14	Essais 45 à 55: P <sub>p</sub> de 2415 kPa et P <sub>v</sub> de 4140 kPa	
50		5		5,6	5,5	99				
51		5		6,7	6,6	99				
52		4		9,4	9,2	97				
53		3		7,7	7,5	97				
54		2		3,5	3,5	99				
55		1		1,8	1,7	94				
56		9		2,1	2,0	95				
57		8		3,0	3,0	99				
58		7		2,8	2,8	98				
59		6		2,5	2,4	98				
60		5		1,7	1,6	96				
61	MI-2	5	DIESEL	1,9	1,8	96	16	14	Essais 56 à 66: Récupérateur mû à l'électricité	
62		5		1,6	1,6	99				
63		3		1,4	1,4	100				
64		2		1,4	1,4	98				
65		1		1,0	1,0	99				
66		1		0,5	0,5	99				

\* Le bloc de commande du MI-30 se trouvait à l'extérieur à des températures de -15 à -25 °C pour tous les essais.

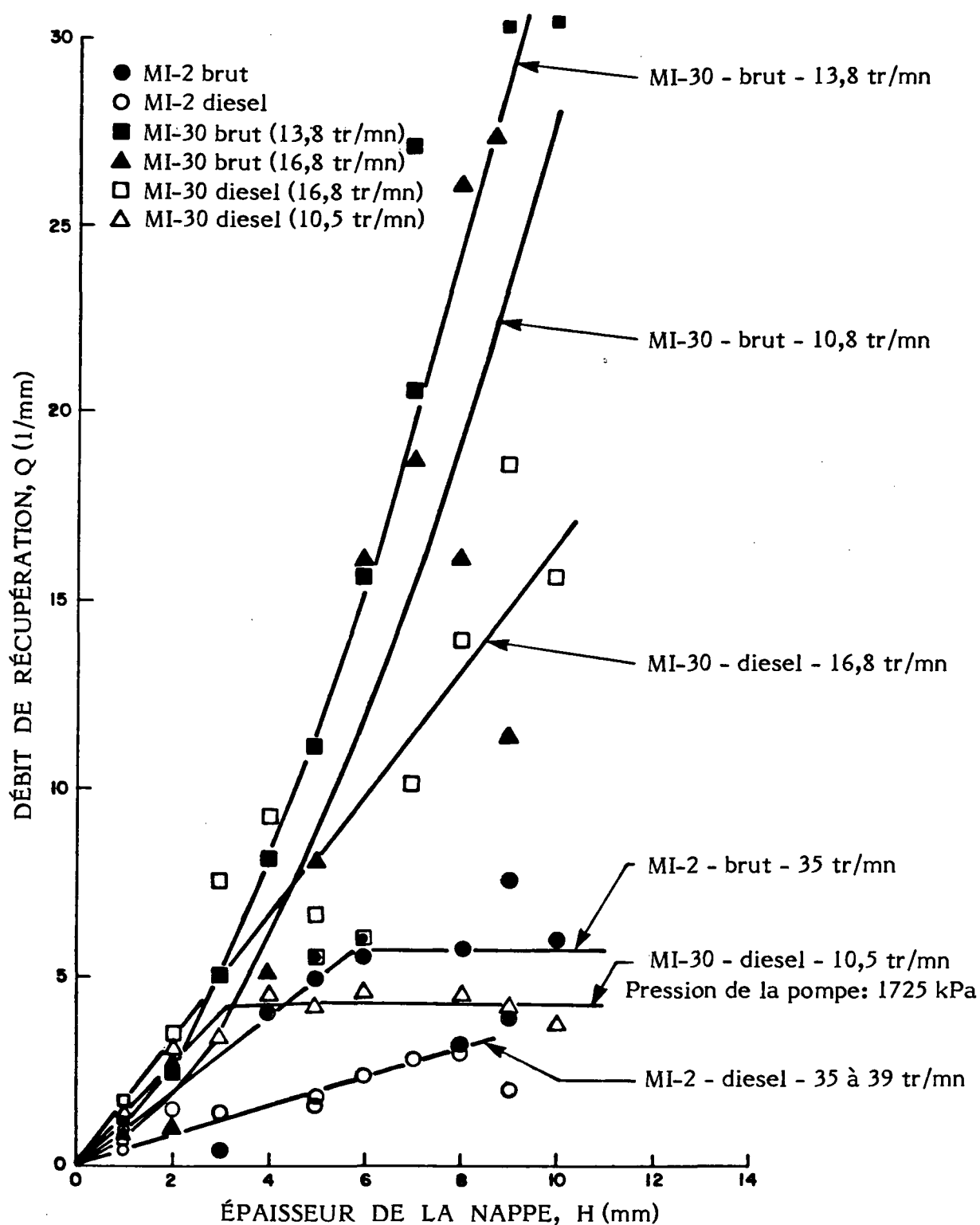


FIGURE 1 DÉBIT RÉEL DE RÉCUPÉRATION DES HYDROCARBURES EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA NAPPE

Un examen du principe de fonctionnement des récupérateurs à disques, comprenant une analyse dimensionnelle du débit de récupération et des paramètres en cause, est présenté à l'annexe A.

## 2.4 Discussion

Pour les deux modèles, les débits de récupération des hydrocarbures sont faibles comparativement aux indications du fabricant. Pour le MI-2, 33,3 l/mn (2 t/h) sont indiqués alors qu'au cours des essais 8 l/mn n'ont pas été dépassés avec une nappe de 10 mm d'épaisseur. Dans le cas du MI-30, le débit indiqué est de 500 l/mn (30 tonnes/h) comparativement à un maximum de 31 l/mn obtenu en pratique avec une nappe de 10 mm, ce qui représente seulement 6 p. cent du débit indiqué sur la fiche technique du fabricant. Les résultats obtenus par Abdehnour *et coll.* (1977) concordent avec les nôtres en ce qui concerne le débit de récupération des hydrocarbures du MI-30. Le débit de récupération est fonction de la vitesse d'étalement des hydrocarbures vers le récupérateur ainsi que des caractéristiques de fonctionnement de celui-ci.

**2.4.1 Modèle MI-30.** Comparativement à Purves et Solsberg (1978), nous avons obtenu une plus forte teneur en hydrocarbures du liquide recueilli; toutefois, le volume d'hydrocarbures récupérés est semblable, pour une épaisseur de nappe. La plus grande vitesse de rotation employée par Purves et Solsberg a probablement entraîné le prélèvement d'une plus grande quantité d'eau.

L'eau prélevée avec les hydrocarbures était totalement émulsifiée, aucun dépôt d'eau n'ayant été observé au fond des fûts après décantation. La nouvelle pompe volumétrique ne s'est donc pas révélée d'une utilité notable. La pression hydraulique requise pour la faire fonctionner n'est pas indiquée (l'indicateur de pression est échelonné de 0 à 500 lb/po<sup>2</sup>). Des instructions devraient être données à l'opérateur concernant la pression à utiliser.

Le récupérateur a bien fonctionné même si le bloc de commande se trouvait à l'extérieur à des températures de -15 à -25 °C.

**2.4.2 Modèle MI-2.** Au cours des essais, le récupérateur a servi à la fin d'une journée d'essais. Après huit heures de fonctionnement, l'efficacité était réduite si les débris recueillis n'étaient pas retirés du baquet collecteur. À remarquer que le volume de débris est beaucoup moins élevé dans le bassin expérimental qu'en situation réelle.

Les disques sont réglés au moyen d'une commande à deux vitesses: 39 et 35 tr/mn. Après une heure de fonctionnement dans une nappe de combustible diesel, toutefois, la vitesse la plus élevée était tombée à environ 30 tr/mn. (la batterie était continuellement rechargée).

**2.4.3 Construction.** Au cours des dernières années, Morris Industries a poursuivi son travail de conception et de perfectionnement, et il est probable que ses modèles sont maintenant améliorés: modification du dispositif de refoulement de la pompe dans le MI-30 qui facilite l'écoulement des hydrocarbures plus visqueux à partir du baquet collecteur de la conduite d'évacuation; système de régulation hydraulique à rétroaction permettant de sélectionner plus précisément la vitesse des disques surtout aux basses vitesses. Un moteur diesel Yanmar (réputé pour son bon fonctionnement sous un climat froid) est maintenant disponible pour le bloc de commande, et la pompe volumétrique Granco peut déplacer des produits qui ne pouvaient l'être par la pompe centrifuge examinée lors



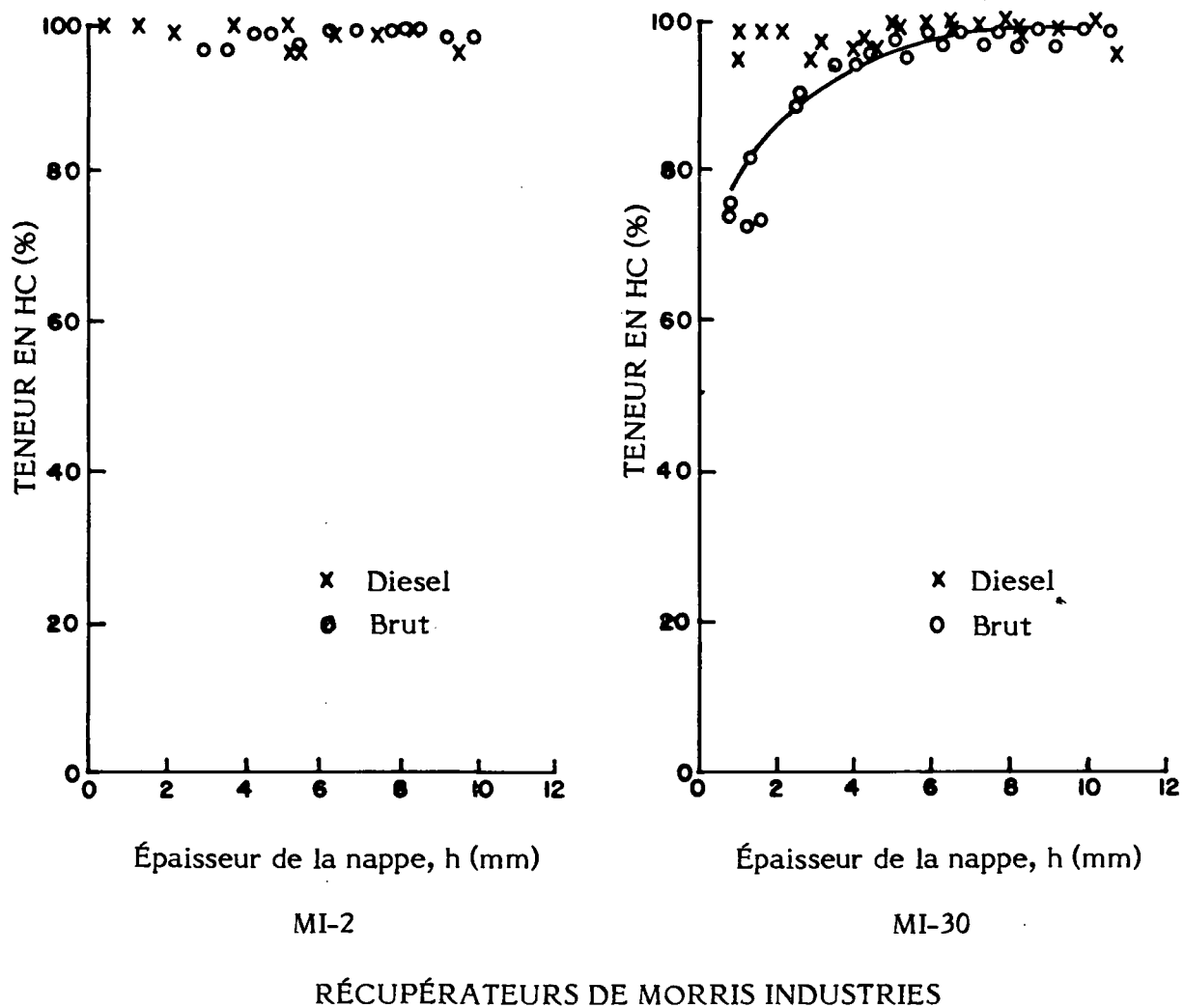


FIGURE 2 COURBES DE LA TENEUR EN HYDROCARBURES DU LIQUIDE RECUEILLI EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA NAPPE

d'essais antérieurs. La coque en fibre de verre a également été modifiée pour assurer une plus grande stabilité et un meilleur accès à la machinerie interne.

Le MI-2, moins volumineux, a subi moins de modifications. Le fabricant a toutefois indiqué qu'une version à commande hydraulique est en préparation.

On a également conçu un récupérateur monté sur un catamaran et comportant des rangs doubles de disques.

### **3. RÉCUPÉRATEUR OIL MOP**

#### **3.1 Description**

L'Oil MOP constitue la version la plus récente des récupérateurs à bande absorbante qu'ont étudiés Solsberg et coll. (1976) ainsi que Breslin (1978). L'application la plus courante du principe est illustrée à la planche 3.

Des cordes de fibre de polypropylène mesurant 3 m de long et 15,2 cm de diamètre sont montées sur un catamaran de 132 sur 66 cm. Elles se déplacent à la surface de l'eau sous l'action d'une série de rouleaux (essoreuses) mus par un moteur électrique (220 V, 4,2 A et 1/2 hp). Les rouleaux servent non seulement à manoeuvrer les cordes mais aussi à exprimer les hydrocarbures qui sont ensuite recueillis dans une cuve d'où ils s'écoulent dans un réservoir de 60 litres. La vitesse de déroulement des cordes est fixée de façon à être approximativement nulle par rapport à la surface de l'eau en mode dynamique. Le récupérateur avance à une vitesse d'environ 0,5 noeud. Les cordes partent de l'avant de l'embarcation, glissent à la surface de l'eau, puis reviennent en passant par une poulie de retour en porte-à-faux à l'arrière de l'embarcation, ce qui leur assure un temps de séjour maximal dans la nappe et permet à l'eau de s'égoutter avant qu'elles atteignent lesessoreuses.

Stewart (1979) a traité d'applications d'un dispositif similaire en mode dynamique employant une embarcation et une barrière pour diriger les hydrocarbures vers le récupérateur (voir fig. 3). Le récupérateur est alors lui-même rattaché à une barrière et les hydrocarbures récupérés peuvent être acheminés directement au bateau auxiliaire par pompage.

Le modèle que nous avons étudié lui ressemble, mais il a été conçu pour le nettoyage de plans d'eau fermés et relativement calmes. Le catamaran est équipé de deux propulseurs indépendants actionnés par deux petits moteurs électriques qui sont commandés au moyen d'un câble de 16 m et d'une boîte de commande se trouvant à terre.

Non seulement les propulseurs peuvent-ils avoir des vitesses indépendantes et fonctionner en marches avant et arrière, mais l'un d'eux peut être tourné et servir de propulseur latéral pour faciliter les manoeuvres.

Le réservoir de 60 litres se vide au moyen d'une pompe submersible Tsurumi et d'un boyau de 16 m de long et de 6,35 cm de diamètre enroulé avec le câble de commande. Cette pompe, mue par un moteur électrique, a une capacité nominale de 120 l/mn et est du type à hélice, qui, en conditions normales, aurait tendance à émulsifier les mélanges d'hydrocarbures et d'eau. Une courte expérience consistant à prélever simultanément des échantillons d'hydrocarbures en amont et en aval de la pompe a été réalisée afin d'évaluer le phénomène. Après décantation, la teneur en eau était de 20 p. cent en amont et de 40 p. cent en aval. L'aspiration se fait par une rangée de trous de 0,6 cm.

#### **3.2 Méthodes**

Le récupérateur a été employé en statique et en dynamique sur des nappes de pétrole brut et de combustible diesel de 1 à 12 mm d'épaisseur.

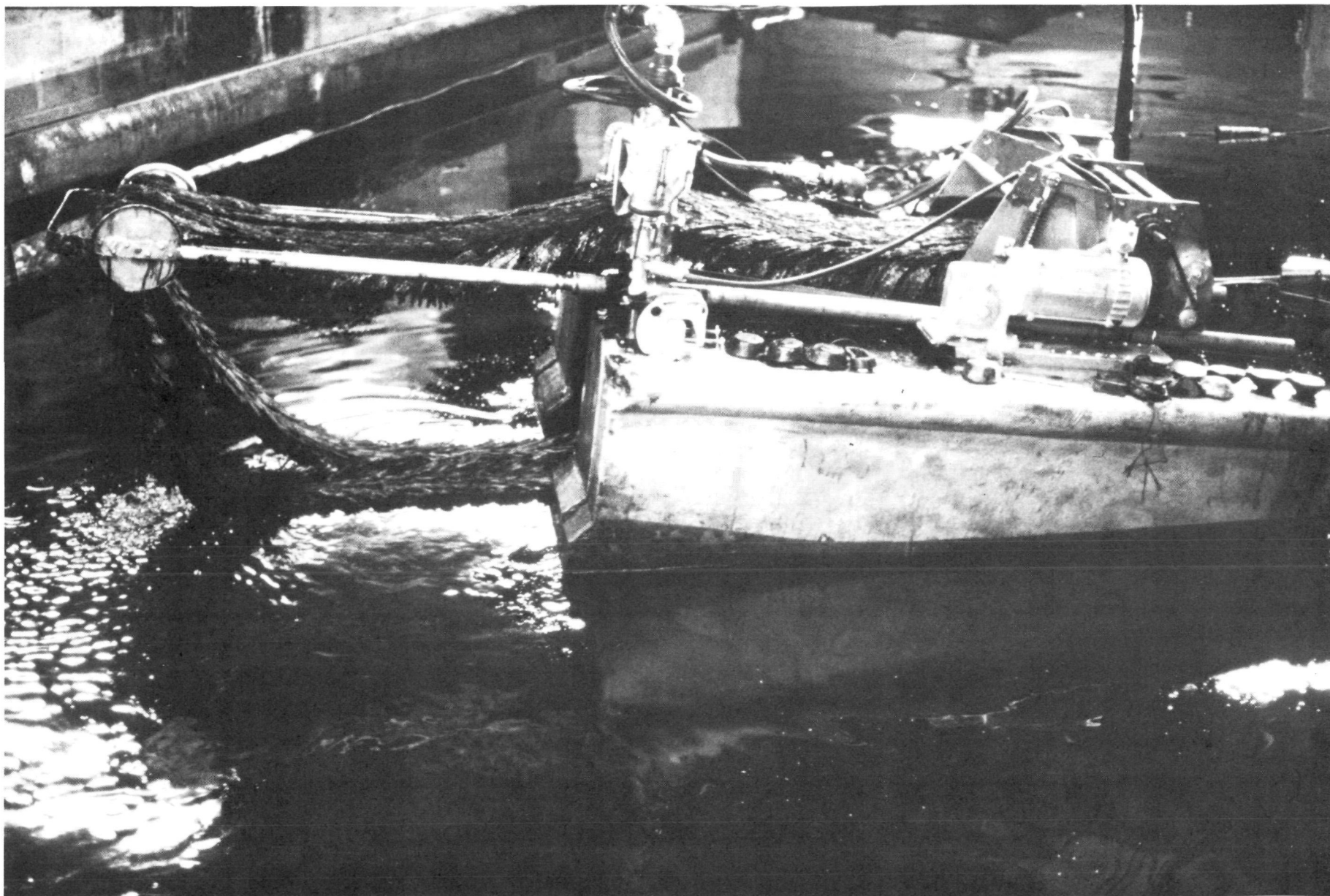


PLANCHE 3 RÉCUPÉRATEUR OIL MOP AU COURS D'UN ESSAI EN DYNAMIQUE

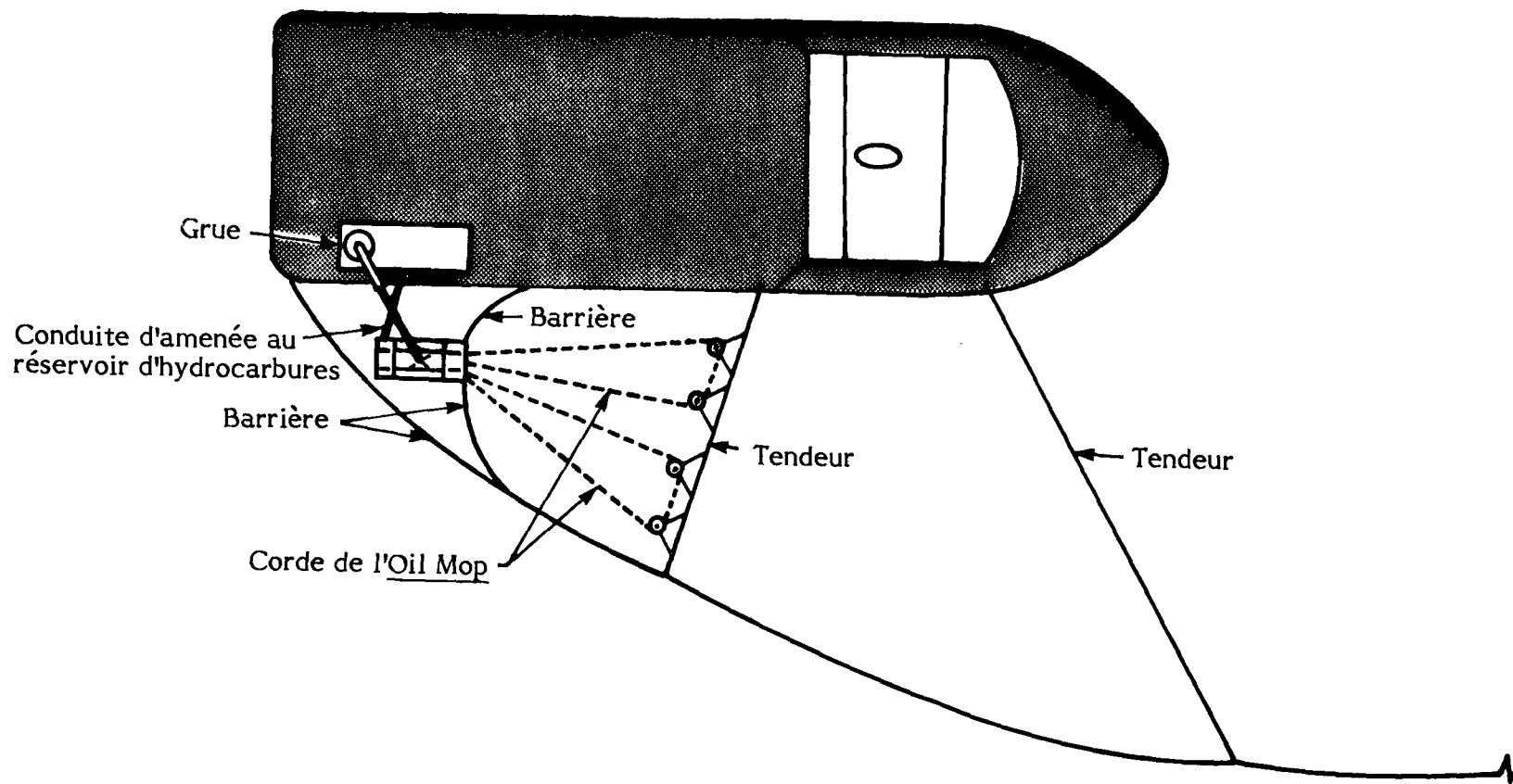


FIGURE 3 RÉCUPÉRATEUR MIS EN SERVICE AVEC UNE BARRIÈRE

Pour les essais en mode statique, le récupérateur a été mis à l'eau à l'intérieur d'une surface fermée de 5 sur 5 m, et les hydrocarbures ont été déversés de façon à former une couche de 12 mm d'épaisseur couvrant toute la zone encerclée. Le récupérateur a alors été mis en marche, et le liquide obtenu a été renvoyé à l'intérieur de la barrière jusqu'à obtention d'un débit uniforme d'hydrocarbures puis recueilli dans deux fûts de 20 litres. Le temps de remplissage a été mesuré. Le liquide recueilli a ensuite été décanté et les volumes obtenus d'hydrocarbures et d'eau ont été mesurés, mais dans la plupart des essais, toutefois, aucune eau ne s'était déposée. La teneur en eau émulsifiée de la couche d'hydrocarbures a ensuite été déterminée. Les essais ultérieurs ont été effectués sur des nappes de plus en plus minces. Dans tous les essais, les hydrocarbures se dirigeaient vers le récupérateur par leurs propres forces d'étalement.

Pour les essais en dynamique, les hydrocarbures ont été répandus à l'intérieur d'une surface fermée de 16 sur 6 m de façon à obtenir une couche de 8 mm d'épaisseur. On a ensuite fait avancer le récupérateur jusqu'à ce que le volume recueilli soit approximativement égal au volume déversé. Trois manoeuvres ont été essayées: déplacement en ligne droite, pivotement sur place de façon à balayer un cercle et balayages en forme de 8. Les balayages en ligne droite étaient insatisfaisants en raison de la longueur de la nappe qui ne permettait qu'un cycle complet de la bande. Les autres manoeuvres demandaient habituellement de 10 à 15 minutes et permettaient de réduire l'épaisseur de la nappe à 1 mm ou moins. Lorsque l'épaisseur moyenne était réduite à environ 4 mm, il ne restait plus que des plaques d'hydrocarbures d'environ 6 mm d'épaisseur reliées entre elles par seulement une mince pellicule irrisée. Le récupérateur était alors dirigé vers les plaques les plus épaisses, ce qui a donné lieu à une dispersion considérable des données sur le débit de récupération.

### 3.3 Résultats

Les résultats des essais sont résumés au tableau 2. À la figure 4, des courbes du débit de récupération d'hydrocarbures en fonction de l'épaisseur de la nappe sont présentées. Elles indiquent clairement que les débits sont plus élevés en mode dynamique. En d'autres mots, aux épaisseurs de nappe utilisées, le dispositif peut récupérer les hydrocarbures plus rapidement lorsqu'il est déplacé que lorsqu'il est stationnaire et qu'on laisse les hydrocarbures y arriver naturellement. L'effet est particulièrement marqué aux faibles épaisseurs de nappe à la figure 5. Il ne semble pas en être ainsi pour le combustible diesel qui est plus fluide.

La figure 5 présente l'ensemble complet de données. Comme la correction tenant compte de la teneur en eau du liquide recueilli a déjà été effectuée, les données montrent la rapidité avec laquelle le problème de base d'un déversement est solutionné. Il est assez évident qu'elle dépend de l'épaisseur de la nappe.

Les droites ont été obtenues par régression linéaire à partir des 4 principaux sous-ensembles de données. Leurs équations sont les suivantes:

	FIXE	r	MOBILE	r
BRUT	$Q = 5,86 + 1,02 h$	0,84	$Q = 6,26 + 1,79 h$	0,76
DIESEL	$Q = 2,16 + 2,82 h$	0,94	$Q = 1,76 + 2,55 h$	0,87

où  $Q$  est en l/mn, et  
 $h$  en mm ( $1 \leq h \leq 12$  mm).

TABLEAU 2 RÉCUPÉRATEUR OIL MOP

N° de l'essai	Mode de l'utilisation	Épaisseur de la nappe (mm)	HC (type)	Débit moyen de récupération (l/m)		Teneur en HC du mélange %	
				Liquide total	HC présent		
1	Immobile	12	Brut	24,7	15,2	61	
2		8	Brut	25,6	17,4	68	
3		5	Brut	19,7	13,5	69	
4		4	Brut	-	-	69	
5		3	Brut	14,1	7,7	56	
6		1	Brut	11,9	5,0	42	
7		12	Diesel	35,0	31,7	93	
8		8	Diesel	21,2	20,5	96	
9		7	Diesel	11,4	10,8	94	
10		4	Diesel	6,9	5,6	81	
11		1	Diesel	4,7	4,0	84	
12	En mouvement	6	Brut	24,2	13,9	54	
13		En ligne droite	5	Brut	26,4	23,2	88
14		Virage	4	Brut	16,5	15,1	92
15	En mouvement	4	Brut	11,3	9,3	85	
16		3	Brut	7,7	5,1	66	
17		En ligne droite	1	Brut	21,7	15,1	70
18		En mouvement	9	Brut	30,8	24,0	78
19		9	Brut	26,6	23,3	88	
20		8	Brut	21,8	19,6	90	
21		7	Brut	18,9	16,6	88	
22		7	Brut	16,5	14,7	90	
23		6	Brut	23,2	21,0	90	
24		6	Brut	13,6	12,6	94	
25	5	Brut	17,7	16,7	95		
26	4	Brut	18,3	15,2	83		
27	4	Brut	26,3	23,7	90		
28	3	Brut	15,1	13,6	90		
29	2	Brut	7,6	6,5	86		
30	2	Brut	11,5	9,1	87		
31	1	Brut	6,1	4,9	80		
32	En mouvement	7	Diesel	15,9	13,9	87	
33		7	Diesel	20,8	19,8	95	
34		6	Diesel	23,3	22,0	93	
35		6	Diesel	15,3	14,5	95	
36		5	Diesel	18,6	17,2	93	
37		4	Diesel	15,1	13,9	92	
38		4	Diesel	14,1	13,0	92	
39		3	Diesel	13,3	12,0	91	
40		2	Diesel	5,6	5,0	88	
41		2	Diesel	5,5	4,6	84	
42	1	Diesel	4,4	3,2	74		

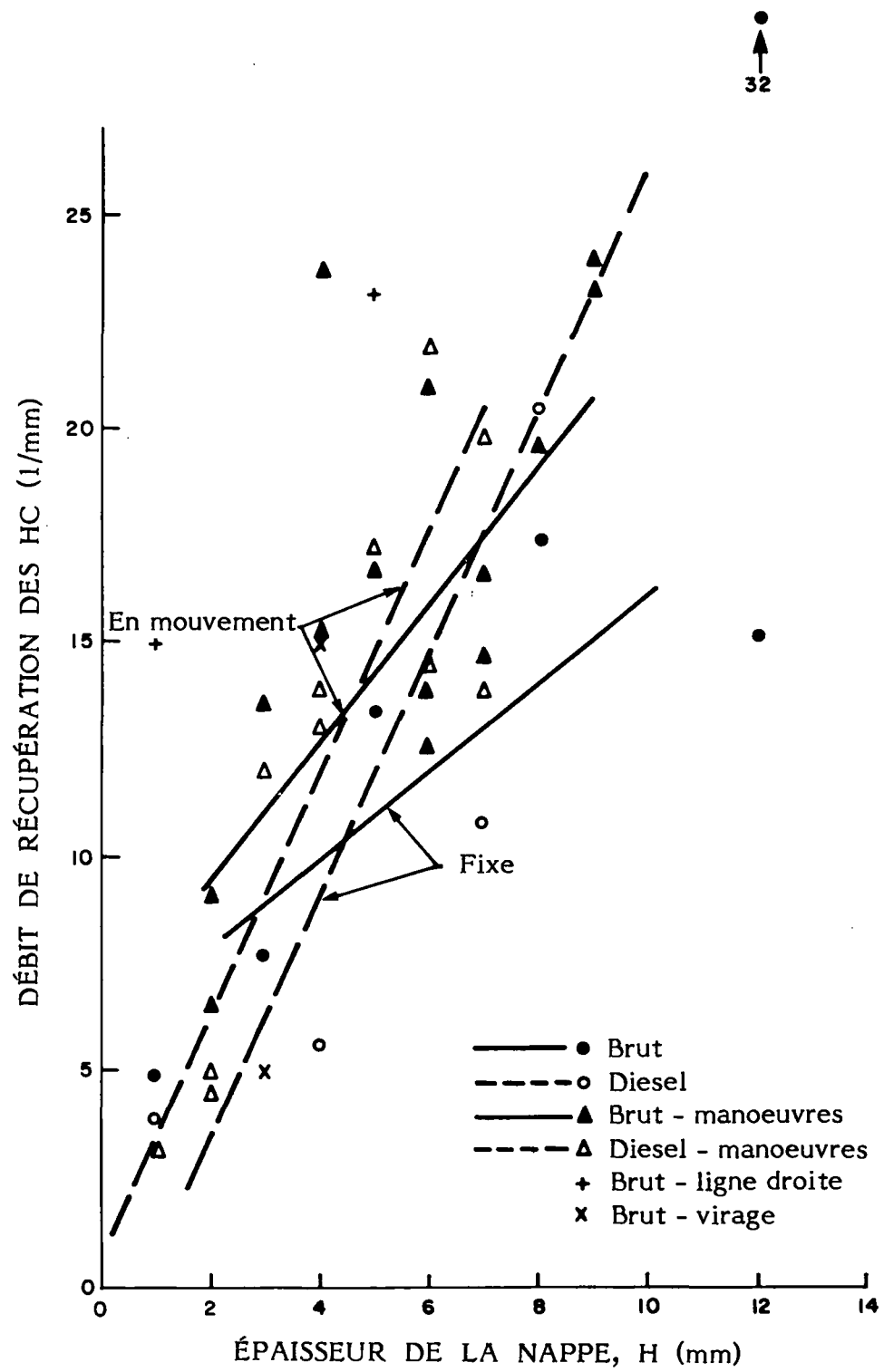


FIGURE 4 HYDROCARBURES RÉCUPÉRÉS EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA NAPPE



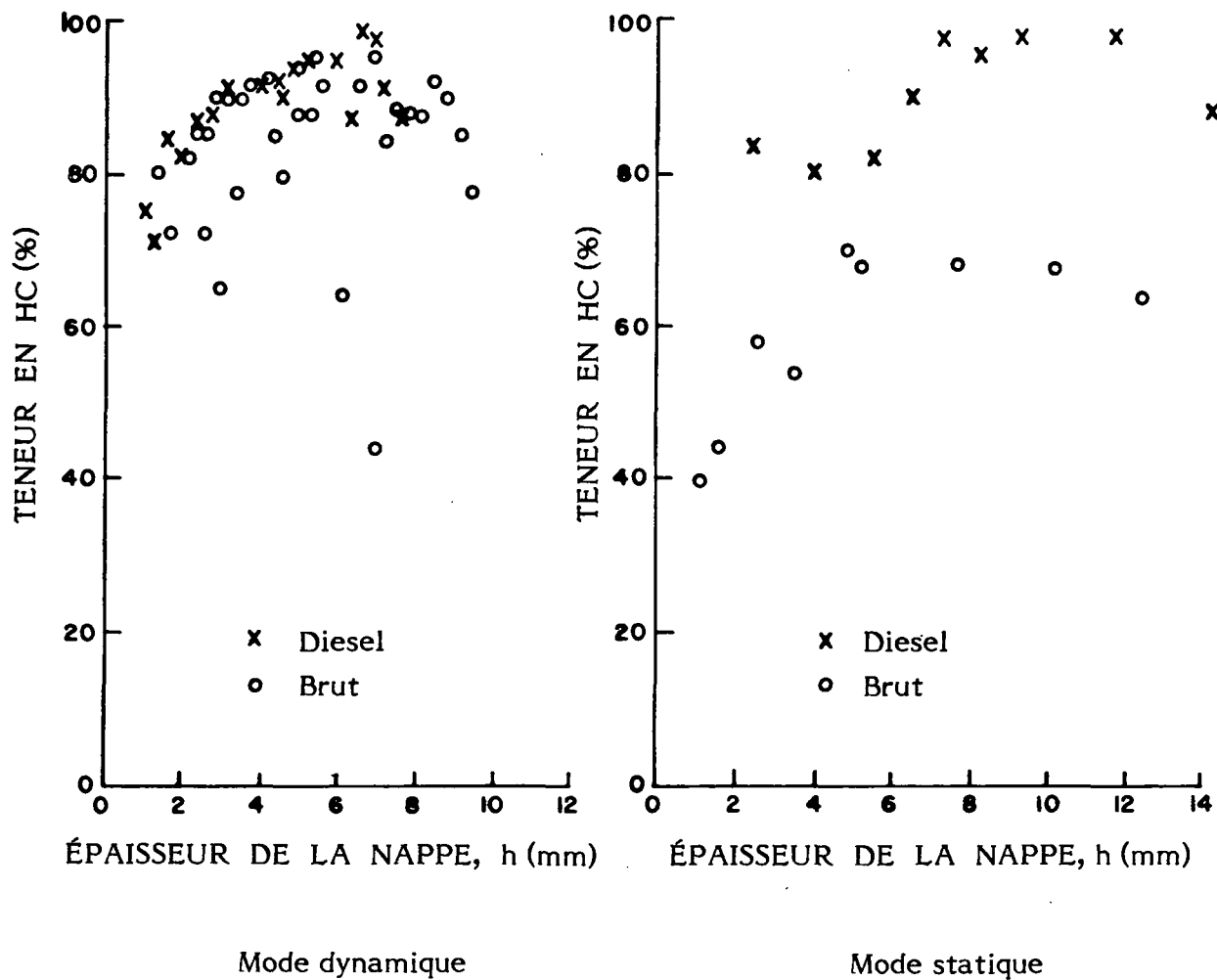


FIGURE 5 TENEUR EN HYDROCARBURES DU MÉLANGE RECUEILLI EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE LA NAPPE

Les coefficients de corrélation ( $r$ ) sont élevés mais acceptables pour d'aussi petits sous-ensembles de données. Les droites de régression de la figure 5 mettent en évidence la plus grande efficacité du récupérateur en mode dynamique. Cela est particulièrement important pour les liquides de faible viscosité comme le combustible pour moteur diesel dont le débit de récupération est très sensible à l'épaisseur de la nappe. Dans le cas du pétrole brut, plus visqueux, les forces de cohésion aident à amener le pétrole vers le récupérateur.

La teneur en hydrocarbures du liquide récupéré est indiquée à la figure 5 et est notablement plus élevée pour le combustible diesel que pour le pétrole brut. Elle est à peu près égale en modes dynamique et statique pour le combustible diesel, mais est beaucoup plus élevée en mode mobile pour le pétrole brut. La raison en est probablement la vitesse nulle de la corde qui réduit au minimum l'agitation de l'eau et des hydrocarbures.

### 3.4 Discussion

L'impossibilité pour l'"Oil Mop" de prélever de gros débris (environ 15 cm) est un atout; par contre, les orifices d'aspiration de la pompe dont le diamètre n'est que de 0,6 cm risquent probablement d'être obstrués par de petits débris (2,5 cm ou moins) en conditions réelles.

L'utilisation d'une pompe centrifuge accroît ordinairement la teneur en eau des hydrocarbures récupérés, d'après Purves et Solsberg (1978), les pompes volumétriques sont plus efficaces pour les mélanges d'hydrocarbures et d'eau.

Le récupérateur est relié au rivage par un faisceau comprenant un câble de 220 V pour la commande, un autre de 110 V pour les moteurs des propulseurs et de la pompe, un câble de commande et un tuyau de 16 m rempli d'hydrocarbures. Ce faisceau volumineux, lourd et peu maniable est tenu éloigné du récupérateur au moyen d'une colonne montante articulée à un cardan. En principe, cet arrangement devait permettre au récupérateur de se déplacer tout à fait librement dans un espace limité sans gêne causée par le faisceau. En pratique, toutefois, la manoeuvrabilité n'est pas parfaite. Même après un long entraînement de l'opérateur, le dispositif a été jugé difficile à manoeuvrer. Les câbles électriques (contrairement à la conduite d'hydrocarbures) n'étaient pas munis d'une articulation à la Cardan et pouvaient s'enrouler fortement.

La stabilité du récupérateur sur une eau agitée n'a pas été étudiée. Toutefois, il a été noté que l'arrière de l'embarcation s'enfonçait de façon marquée lorsque les propulseurs étaient mis en marche ou lorsque le réservoir, qui n'est pas au centre était rempli d'hydrocarbures. Étant donné la flexibilité des cordes absorbantes, ces modifications de l'assiette n'ont pas semblé influencer sur l'efficacité de la récupération.

En général, le récupérateur a été jugé facile à assembler avec un bateau auxiliaire bien conçu et très stable. Les coques en fibre de verre convenaient bien pour le prototype, mais d'autres matériaux pourraient être considérés pour la production commerciale. Il serait bon, pour la sécurité du personnel, de couvrir le passage des cordes. Le récupérateur employé n'était pas muni d'un carter couvre-chaîne. Un dispositif de séparation juste avant les essoreuses serait utile pour tenir les cordes séparées.

L'alimentation en courant devrait être réétudiée; il faudrait au moins que la tension des câbles soit la même et que les raccords soient plus étanches. Il pourrait être préférable que les conduites de transmission hydraulique soient rattachées au tuyau de refoulement au moyen d'un raccord articulé.

L'effet du mode d'utilisation sur le débit de récupération des hydrocarbures était notablement plus grand lorsque le récupérateur était en mouvement que lorsqu'il était immobile. La récupération était toutefois supérieure dans un long bassin où des déplacements plus longs en ligne droite sont possibles et où la fréquence des ralentissements et changements de direction est réduite.

L'Oil Mop représente une conception de la récupération que la Direction des interventions d'urgence considère comme efficace. Il est petit, facilement transportable et télécommandable; il peut être utilisé près du rivage et au large, dans ce dernier cas à partir d'un navire se trouvant dans les parages. Il utilise, de plus, un mode prouvé de récupération des hydrocarbures. La propulsion ajoute à sa polyvalence tout en ne nécessitant pas de grosses dépenses pour un groupe propulseur puissant.

## 4 RÉCUPÉRATEUR DE LPI

### 4.1 Description

Le récupérateur présente à l'avant un plan incliné qui entraîne les hydrocarbures en les faisant glisser vers le bas, à mesure qu'il avance. Ceux-ci sont séparés du reste du liquide entraîné par une ouverture au bas du plan incliné. Ils remontent alors dans un grand réservoir après chicanage pour éliminer le courant dans le réservoir. Celui-ci occupe toute la cale de l'embarcation (voir figure 6 et planche 4).

#### Caractéristiques physiques:

Longueur	4 mètres
Largeur	1,25 mètre
Tirant d'eau	variable
Fente	2,5 x 115 cm
Capacité du réservoir à hydrocarbures	≈ 400 litres

### 4.2 Méthodes

Les essais ont été centrés sur le récupérateur proprement dit, sans le bateau porteur. Ils ont été effectués dans un bassin rempli d'eau douce de 18 m de long, de 6 m de large et de 0,85 m de profondeur. Un dispositif de halage à vitesse de 0,2 à 3 noeuds a servi à faire avancer le récupérateur. Chaque essai a porté sur une longueur de 8 mètres.

Des planches de contreplaqué disposées en forme de V ont été installées pour retenir un volume connu d'hydrocarbures devant le récupérateur. Les hydrocarbures déversés ont été recueillis à diverses vitesses de halage.

Après chaque essai, l'épaisseur de la nappe restant à l'intérieur de la barrière et celle des hydrocarbures dans le réservoir du récupérateur ont été mesurées et les volumes correspondants, calculés. De 20 à 25 litres d'hydrocarbures ont été déversés dans la majorité des essais, et 40 litres dans quelques cas.

### 4.3 Résultats

Un résumé des résultats de 32 essais est présenté au tableau 3: volume d'hydrocarbures déversé à l'intérieur de la barrière (brut et diesel) et le volume enfoncé par le récupérateur (ce qui comprend le volume récupéré et le volume qui s'est échappé à l'arrière) calculé par mesure du volume restant à l'intérieur de la barrière à la fin de l'essai.

Dans certains essais, on a obtenu des valeurs négatives qui ont été attribuées à des erreurs dans la mesure de l'épaisseur de la nappe à l'intérieur de la barrière, erreurs qui pouvaient atteindre  $\pm 10$  p. cent. Le volume total d'hydrocarbures récupérés dans le réservoir est également présenté; toutefois, une partie des hydrocarbures récupérés est restée entre les "chicanes" au fond du récupérateur. Le mouvement de celui-ci et la libération des hydrocarbures retenus entre les chicanes a pu accroître significativement les volumes mesurés et entraîner des erreurs qui ont pu atteindre 50 p. cent. Au cours des essais, on a pensé que le déversement d'un volume plus grand d'hydrocarbures à l'intérieur de la barrière réduirait le pourcentage d'erreur. Cependant, en raison de la longueur

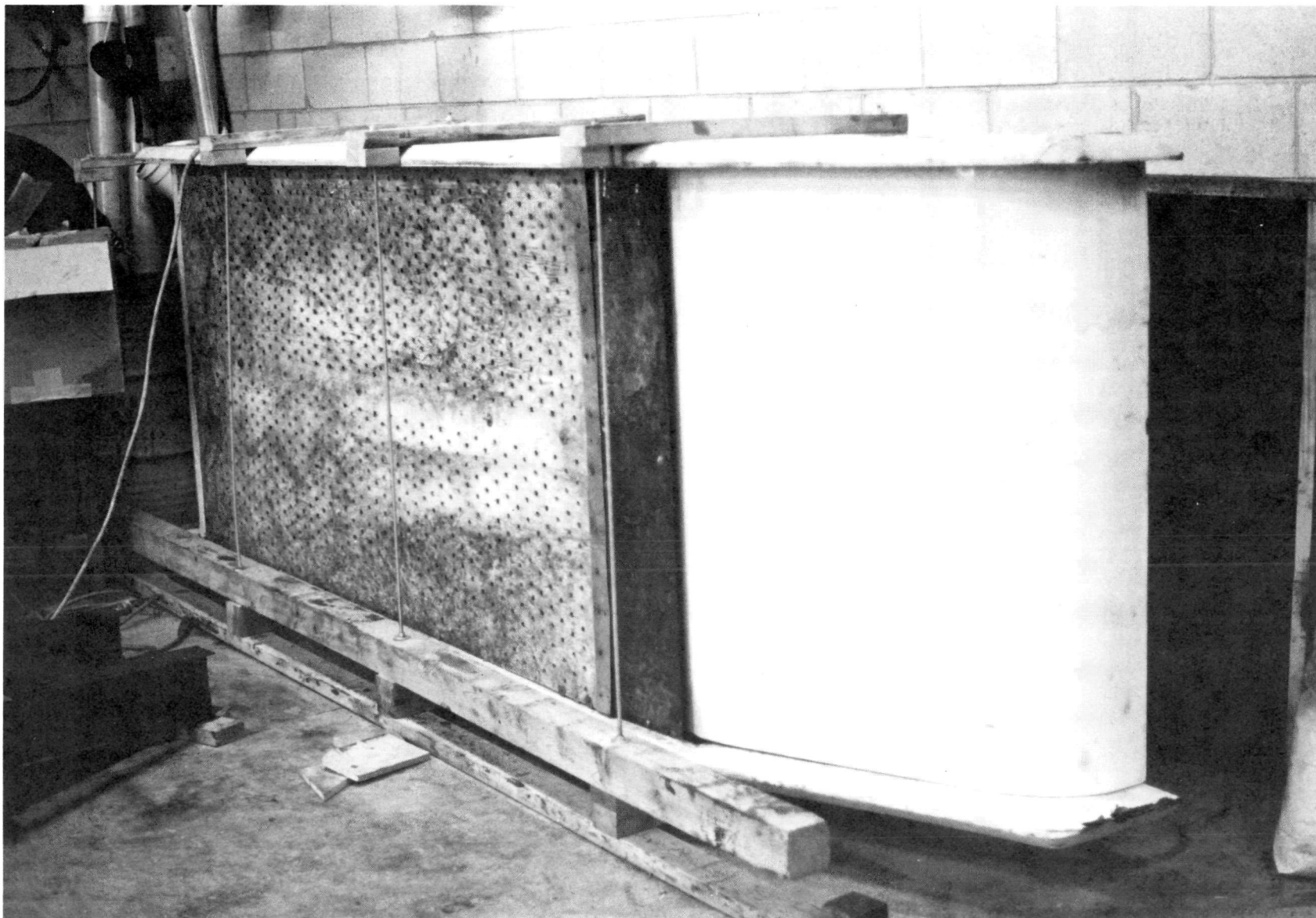


PLANCHE 4 RÉCUPÉRATEUR DE LPI - VUE DU FOND

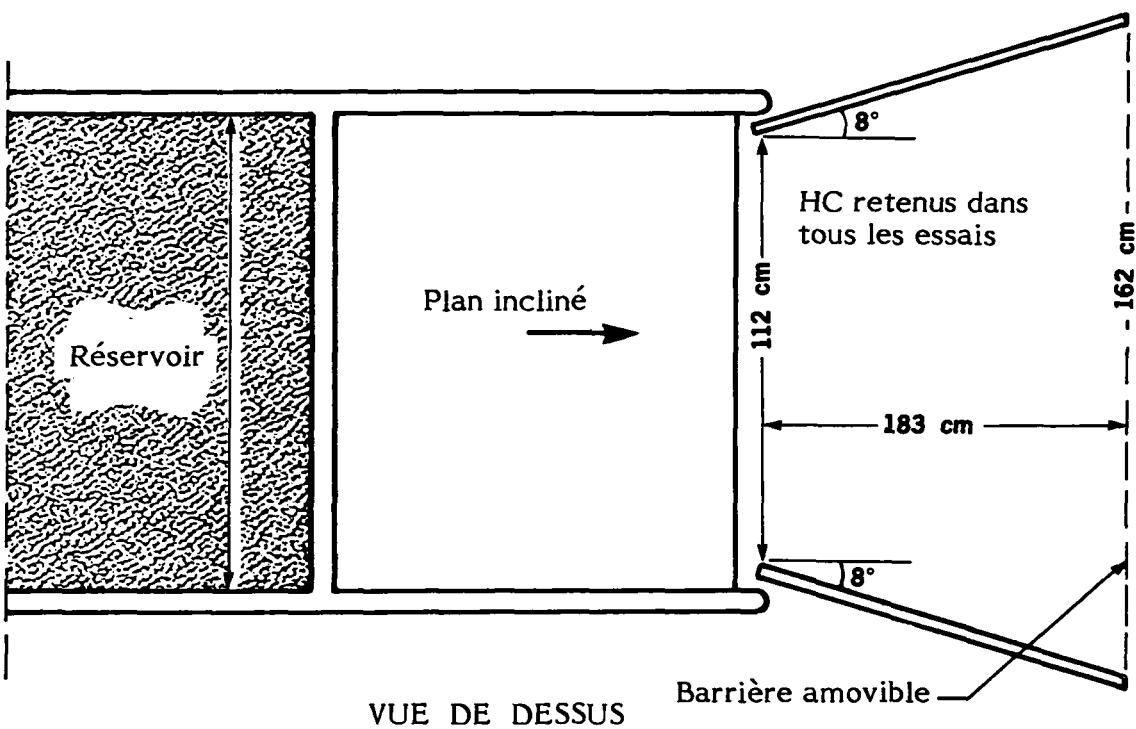
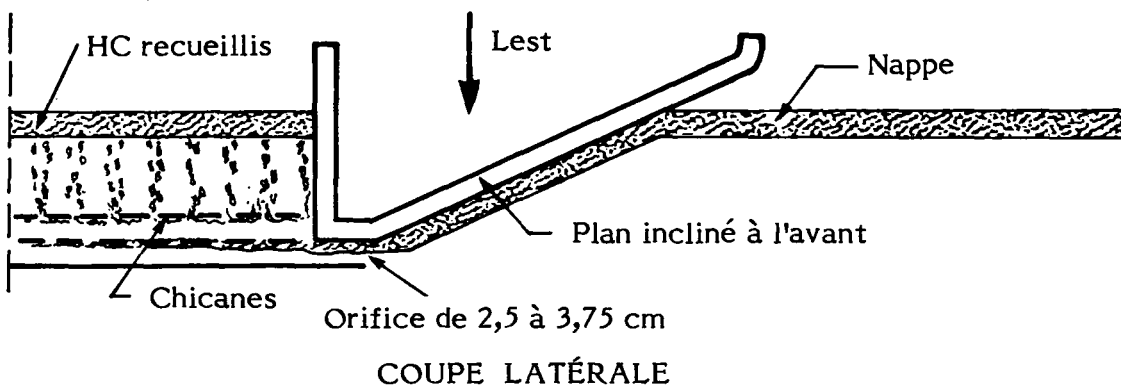


FIGURE 6 RÉCUPÉRATEUR DE LPI

TABLEAU 3 RÉSULTATS DES ESSAIS DU RÉCUPÉRATEUR DE LPI

N° de l'essai	HC (type)	Vitesse de halage		Volume de HC à récupérer (l)	Volume de HC enfoncé sous le récupérateur	Volume de HC récupéré	Vol. enfoncé/vol. à récupérer %
		cm/s	noeuds				
1	Brut	15	0,3	21,6	0	0	0
2		50	1,0	21,2	11,1	34,7	52
3		50	1,0	10,1	10,1	-7,9	100
4		15	0,3	21,2	1,0	0	5
5		15	0,3	20,2	-1,5	0	0
6		33	0,6	22,7	5,0	6,3	22
7		33	0,6	17,7	-0,4	-2,7	0
8		33	0,6	18,1	5,4	6,9	30
9		50	1,0	12,7	12,7	3,6	100
10		50	1,0	21,8	12,9	14,7	59
11		50	1,0	23,9	17,6	14,5	74
12		85	1,7	21,7	14,4	9,0	66
13		85	1,7	23,5	19,1	14,2	81
14		85	1,7	43,2	35,6	34,2	82
15		120	2,3	37,4	30,6	25,8	82
16		120	2,3	25,5	19,2	21,6	75
17	Diesel	50	1,0	18,4	15,2	4,7	83
18		50	1,0	23,2	17,5	14,2	75
19		50	1,0	25,4	20,3	9,5	80
20		85	1,7	25,4	22,9	19,0	90
21		85	1,7	22,2	17,1	12,6	77
22		15	0,3	19,9	3,9	0	20
23		15	0,3	35,9	3,0	0	8
24		15	0,3	52,8	14,8	0	28
25		33	0,6	38,0	17,7	1,6	45
26		33	0,6	20,3	0	7,9	0
27		33	0,6	27,5	-2,9	3,1	0
28		120	2,3	40,7	29,7	25,3	73
29		120	2,3	31,3	28,8	26,3	92
30		120	2,3	24,0	16,4	8,4	68
31		120	2,3	27,5	17,4	3,2	63
32		120	2,3	21,0	8,3	15,8	40

limitée du bassin, une bonne partie des hydrocarbures supplémentaires est restée devant la barrière, et il n'y a pas eu d'effet sur les résultats des essais.

Le graphique du rapport du volume à récupérer et du volume récupéré en fonction de la vitesse de halage est présenté à la figure 7. On y constate qu'à un noeud, le rendement est maximal (80 p. cent).

À cette vitesse, on n'a pas observé d'hydrocarbures derrière le récupérateur, ce qui signifie que tous les hydrocarbures qui passaient sous le plan incliné remontaient dans le réservoir. À plus haute vitesse (entre 1,5 et 2,3 noeuds), le rendement diminuait légèrement, et on a noté une quantité importante d'hydrocarbures flottant derrière le récupérateur.

Il est important de mentionner que le rendement de 80 p. cent aurait pu être amélioré si le parcours des essais avait été plus long ou si le volume d'hydrocarbures à l'intérieur de la barrière avait été plus important. Il nous a paru évident au cours des essais que nos installations étaient trop limitées pour permettre une juste évaluation du récupérateur.

#### 4.4 Discussion

- Aux vitesses nominales de 1,5 à 2 noeuds, le récupérateur a bien fonctionné.
- Le réservoir n'étant pas couvert, des pertes d'hydrocarbures récupérés pourraient se produire sous l'action des vagues ou lors des accélérations et ralentissements.
- À moins de 1,5 noeud, on n'a pas observé d'hydrocarbures derrière le récupérateur. À 2,3 noeuds, une quantité importante d'hydrocarbures pénétrant sous le récupérateur n'a pas été recueillie et a refait surface dans le sillage du bateau.
- En raison de la présence de chicanes au fond du récupérateur, il a été difficile d'estimer le pourcentage d'hydrocarbures perdus lors des essais.
- La teneur en hydrocarbures du mélange recueilli était excellente; on n'a pas obtenu d'eau lors de l'analyse des échantillons.
- Le récupérateur ne compte pratiquement pas de pièces mobiles.

Une version plus grosse du récupérateur de LPI a été évaluée à OHMSETT. Les résultats des essais peuvent être obtenus de l'EPA.



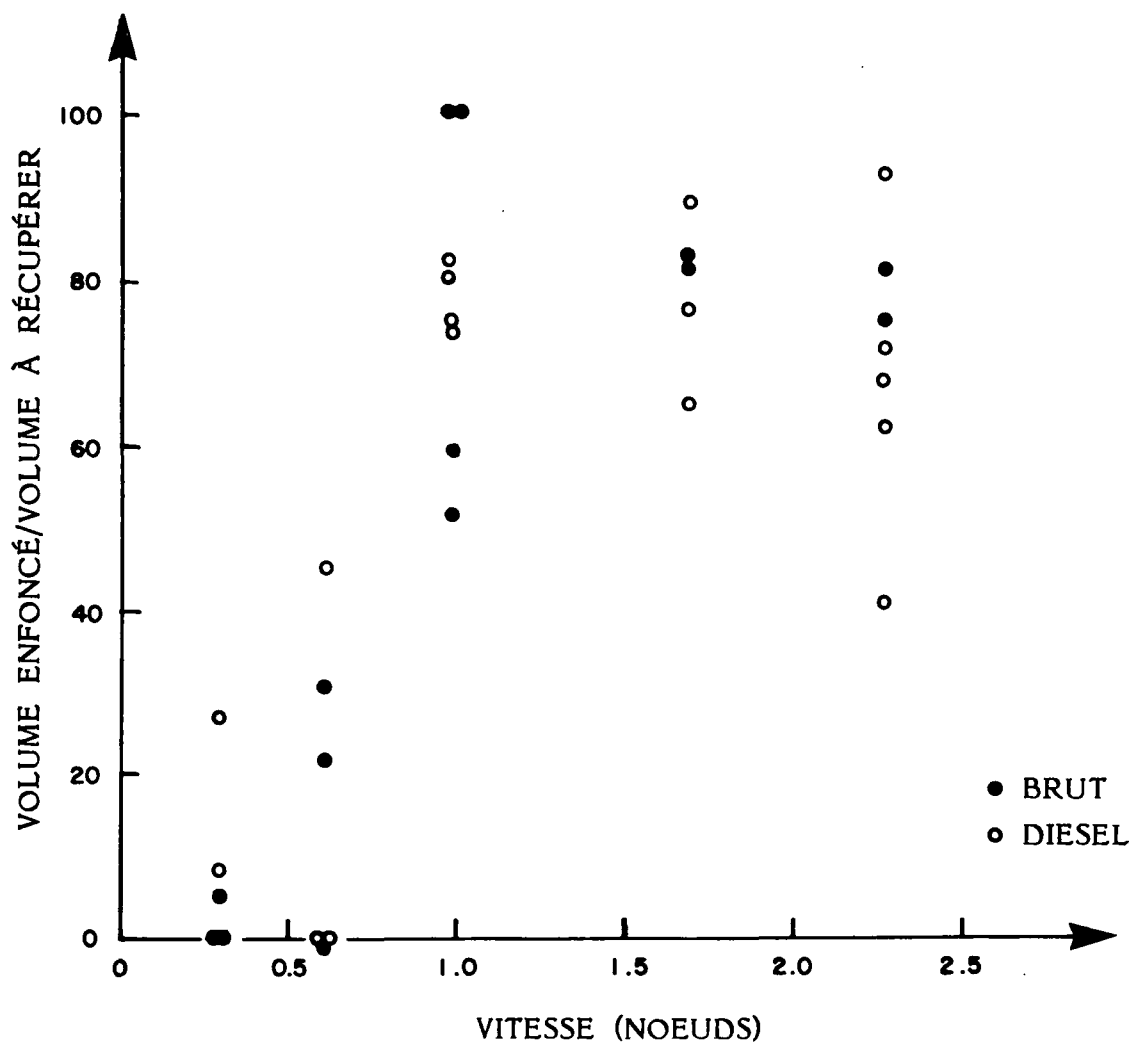


FIGURE 7 GRAPHIQUE DU RAPPORT DU VOLUME ENFONCÉ/  
VOLUME À RÉCUPÉRER

## 5 RÉCUPÉRATEUR SCOOP D'OFFSHORE DEVICES

### 5.1 Description

Le Scoop est une embarcation autonome de récupération des hydrocarbures destinée aux ports côtiers et aux eaux intérieures. Il s'agit d'un bateau de travail de 8,5 mètres qui est apporté au lieu du déversement par remorque et est mis à l'eau à l'aide d'une rampe classique. Il peut se déplacer à 25 noeuds, et ses principales parties (voir planche 5) sont les suivantes:

1. une barrière de 22,3 mètres, comprenant 4 déversoirs permettant une récupération continue des hydrocarbures, qui peut être effectuée à partir de l'avant du bateau;
2. une pompe hydraulique à membrane à double effet hydraulique et dont le débit peut atteindre 946,3 l/mn; et
3. un séparateur gravitaire de 1325 litres équipé d'une soupape commandant simultanément le débit des hydrocarbures et de l'eau. La soupape peut être réglée pour fonctionner en régime permanent, selon la proportion d'hydrocarbures dans le mélange recueilli. Les hydrocarbures sont stockés dans une citerne souple flottante de 2000 litres qui, une fois remplie, est soit remorquée, soit ancrée.

Deux évaluations distinctes ont été faites: d'abord celle du récupérateur sur le terrain et ensuite celle de la pompe et du séparateur d'après la qualité initiale et finale des hydrocarbures et l'efficacité de la séparation.

### 5.2 Sur le terrain

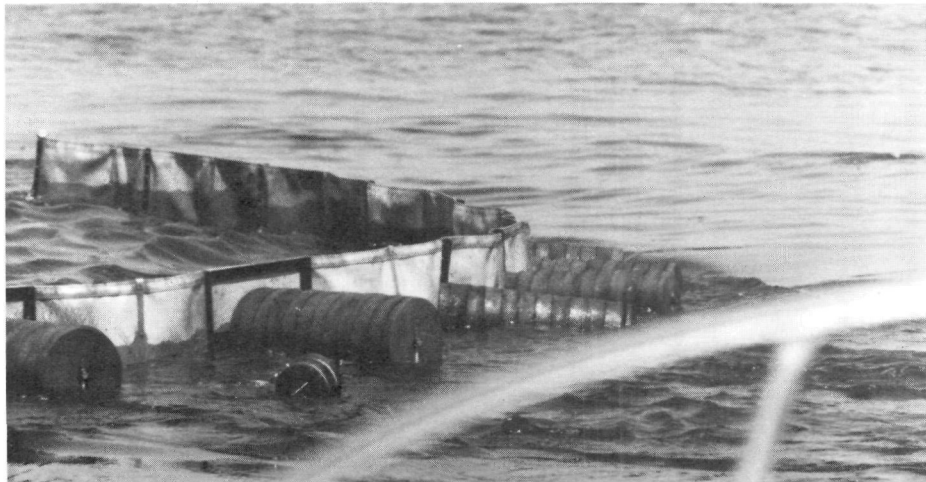
Ces essais ont été réalisés le 23 août 1978 à Annapolis, au Maryland, à l'aide du récupérateur appartenant au ministère des ressources naturelles du Maryland. Une équipe très bien formée, dirigée par M. Bill Burgess, était disponible pour la préparation des essais. Elle a fourni le récupérateur et deux bateaux.

L'efficacité du récupérateur ayant été étudiée de façon détaillée à OHMSETT, l'objectif des essais était d'observer la facilité de mise en service et de manoeuvre. Quatre essais dans lesquels on a répandu un absorbant ont été réalisés.

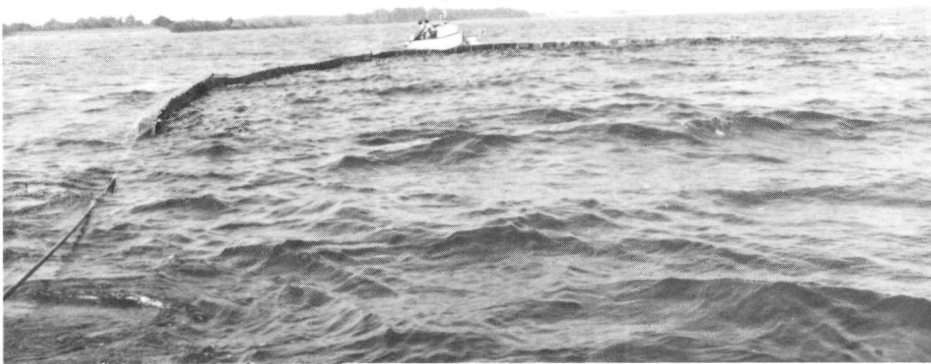
Pour le premier, l'ensemble barrière-récupérateur a été mis en oeuvre entre le Scoop et un remorqueur. Une plaque d'absorbant de 3 m a été balayée et le solvant a été pompé dans le séparateur.

Lors du deuxième essai, la manoeuvrabilité de l'ensemble barrière-récupérateur a été étudiée. La barrière a été mise en place comme à la figure 8, puis a été remorquée en demi-cercle, l'écart entre les deux bateaux demeurant toujours le même (12 à 18 m). Le rayon de virage était d'environ 35 m. Il a fallu moins de 10 minutes à une équipe non entraînée pour déployer la barrière de cette manière et 8 minutes 35 secondes pour la retirer, en l'absence d'hydrocarbures.

Deux essais ont été ensuite réalisés au cours desquels l'ensemble barrière-récupérateur a été augmenté d'une barrière Whittaker à chaque extrémité. Un remorqueur



BARRIÈRE FLOTTANTE D'OFFSHORE DEVICES



BARRIÈRES FLOTTANTES D'OFFSHORE DEVICES ET DE WHITTAKER DURANT LES ESSAIS



PLANCHE 5 MISE À L'EAU DU SCOOP

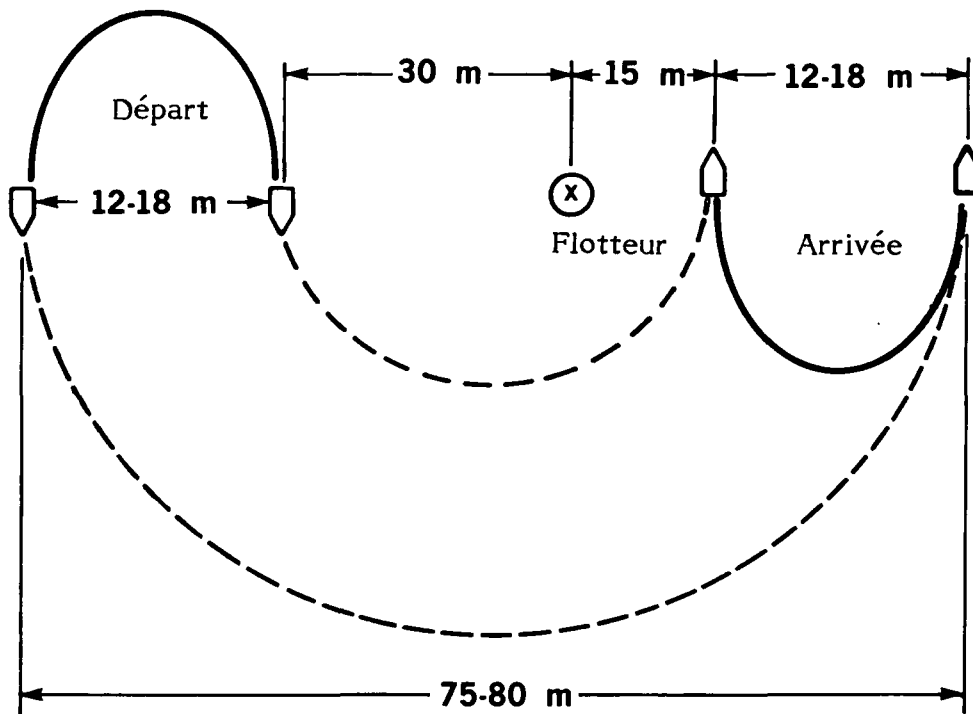


FIGURE 8 PARCOURS EN DEMI-CERCLES\* (ESSAI N° 2)

Distance estimative (référence: objet flottant au centre)

tirait chaque extrémité et le bateau d'Offshore Devices servait de support derrière les déversoirs. Après déversement d'un absorbant, la stabilité et la manoeuvrabilité de la barrière ont été observées.

Durant tous les essais, les vents étaient de 0 à 6 noeuds, et la température de 30 à 32 °C. Les vagues atteignaient 15 à 30 cm, et la température de l'eau était autour de 20 °C.

### 5.3 Remarques sur le Scoop

À partir de ces essais limités, l'équipe d'évaluation a fait les observations suivantes:

Le Scoop constitue un ensemble de récupération relativement peu dispendieux par comparaison à d'autres ensembles fonctionnant en mode dynamique. Il se transporte bien par route et se tire facilement - la remorque semble convenir. Son faible tirant d'eau permet de l'utiliser dans la plupart des endroits. Les propulseurs sont faciles d'accès pour les réparations, ainsi que les moteurs, de construction modulaire, qui peuvent être remplacés sur place. L'ensemble semble très bien conçu pour le travail requis. Par contre, la plupart du temps, le lancement du bateau ne peut se faire d'un endroit non aménagé en raison des dimensions et du poids du bateau et de la remorque. Les lieux de lancement sont relativement rares dans l'est du Canada, mais beaucoup d'emplacements pourraient être utilisés si les véhicules étaient équipés de pneus à basse pression. Idéalement, si le climat et l'état de l'eau le permettent le Scoop devrait être laissé à l'eau, prêt à être utilisé.

Les bimoteurs de 70 hp utilisés sont d'une bonne grosseur. Si leur puissance était plus faible, la facilité de remorquage de la barrière serait réduite et si elle était plus grande, le bateau pencherait trop à l'arrière. Des moteurs à arbres longs et une élévation du tableau (à l'arrière) sont certes nécessaires. Des modifications de l'appareil ont été effectuées à la demande du client avant réception.

À cause des moteurs hors-bord, de la faible hauteur du tableau et des lourdes commandes à l'arrière, l'embarcation a tendance à prendre de l'eau par l'arrière même lorsqu'elle navigue droit devant. Il n'y a pas de solution simple qui n'aurait pas pour conséquence la perte des avantages des moteurs hors-bord. Toutefois, la présence d'une pompe de cale permettrait à l'opérateur d'évacuer rapidement l'eau. Elle est actuellement évacuée par un orifice de 2,5 cm de diamètre dans un puisard au-dessous des moteurs. Cet orifice est trop petit pour être efficace lorsque la porte avant est abaissée. Par ailleurs, l'embarcation étant ouverte, son utilisation sera limitée par l'état de la mer. Nous reconnaissons qu'il s'agit d'une particularité modifiable lors de la conception, mais nous tenions à le souligner. Le bateau se comporte bien, sa rapidité pour se rendre au lieu du déversement est suffisante, et la position de l'opérateur à l'arrière est bonne du point de vue de la liberté de mouvement et de la visibilité; l'homme de barre est exposé aux intempéries (ce qui peut être un problème sous le climat canadien), mais le constructeur a indiqué qu'un abri pourrait être fourni en option. Le bateau peut être remorqué à environ 15 noeuds s'il est redressé légèrement à l'arrière. Il est suffisamment stable (voir annexe C).

Toutes les parties du système de pompage et du système hydraulique sont accessibles, et ne sont pas trop couvertes. La pompe est bien attachée au berceau, et on peut la détacher du séparateur en réinstallant les boyaux et en se servant du tuyau

d'évacuation de l'eau pour l'aspiration. Le démarreur électrique du moteur de la pompe est une option utile car le bateau est trop étroit pour un démarrage à main. Les réglages de la pompe et des moteurs sont ni trop approximatifs ni trop sensibles. Grâce à la vanne de décharge de la conduite hydraulique, l'embrayage et le débrayage de la pompe sont excellents. Le moteur diesel est sûr, compte tenu de l'utilisation prévue, et est plus résistant face aux intempéries qu'un moteur à allumage auxiliaire. La commande des gaz est satisfaisante, mais devrait pouvoir être réglée d'un endroit plus près de la barre par l'installation d'un câble flexible, ce qui assurerait une meilleure utilisation du bateau par deux hommes. Cette option est disponible à un coût supplémentaire. Le niveau d'hydrocarbures dans le réservoir est facile à vérifier. La source d'énergie de la pompe est complètement indépendante des groupes propulseurs principaux de sorte que la pompe peut fonctionner lorsque le bateau est remorqué. Des cales seraient utiles entre le moteur, le berceau de la pompe, les cornières du carlingage et le pont afin de réduire les vibrations. La conduite d'aspiration de la pompe hydraulique devrait être munie d'un dispositif de fermeture (qui pourrait être bloqué en position ouverte et dont seuls les superviseurs auraient la clé) de sorte qu'il ne soit pas nécessaire de vider le réservoir lorsque la pompe doit être débranchée. Un filtre pour le système hydraulique serait une autre sage précaution. Le carter de la pompe ne comporte pas d'orifice d'évacuation et il n'y a pas de tubulures d'aspiration et de refoulement, choses nécessaires sous le climat canadien. Des instructions simples et indélébiles pour le fonctionnement de la commande hydraulique devraient être affichées sur place. Le manuel d'exploitation est correct, mais des renseignements plus détaillés sont requis pour les personnes inexpérimentées qui travailleraient sur le bateau. Des commandes à un seul bouton seraient préférables, mais celles à deux boutons sont acceptables si des instructions claires sont affichées.

Le séparateur semble bien construit: les parois translucides fournissent une bonne visibilité et les chicanes calment adéquatement l'eau entre l'admission et la sortie. Il est bien fixé au pont, est muni d'un raccord de vidange dans le bas et est facilement accessible de tous les côtés. Tous les raccords flexibles sont de bonne qualité et du type "rapide". La colonne d'évent du séparateur est directe mais risque de causer l'aspersion des hydrocarbures et de l'eau sur le bateau lorsque la pompe refoule des mélanges d'hydrocarbures froids et épais. Au régime de la pompe recommandé par le fabricant, lorsque le conduit d'évacuation des hydrocarbures était fermé et celui de l'eau, ouvert, les oscillations dans la colonne dépassaient juste la surface supérieure du séparateur et descendaient jusqu'au niveau de la mer (environ 1 mètre plus bas). Si on soulevait à la main l'extrémité de la conduite de l'eau jusqu'à un point près du sommet du séparateur, comme cela peut se produire lors du déchargement des hydrocarbures sur un quai peu élevé ou un bateau plus gros, les oscillations atteignaient un niveau plus élevé et parvenaient à environ 0,4 à 0,5 mètre du sommet de la colonne lorsque de l'eau était pompée. On devrait envisager un système de ventilation plus perfectionné pour le séparateur. À cet égard, le fabricant a indiqué qu'un système plus complexe qui permettrait à l'air de s'échapper mais non au liquide augmenterait le coût du Scoop et demanderait plus d'entretien.

Si la conduite d'admission au séparateur atteignait presque le fond de celui-ci au lieu de se terminer à la profondeur médiane environ, il y aurait moins de turbulence dans le premier étage de la chicane mais il pourrait y avoir émulsification. Dans le modèle actuel, la turbulence à l'admission est réduite au minimum grâce à l'emploi d'un diffuseur à ce niveau de sorte que la section de l'orifice d'admission est relativement grande et, par conséquent, la vitesse est réduite. Les conduites d'évacuation sont nichées dans un support fixé au sommet du séparateur, mais il n'y a pas de fixation au-dessus des conduites. Celles-ci peuvent être déplacées si on les tire lors de la pose et de la dépose des boyaux,

TABLEAU 4 POMPE ET SÉPARATEUR D'OFFSHORE DEVICES – RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

N° de l'essai	HC (type)	Volumes utilisés (l)		Volumes récupérés (l)		Volume total récupéré	%d'eau dans les HC		Teneur corrigée en HC	HC/liquide récupéré (%)	Temps total (s)	Débit de la pompe (l/m)	Température			Interface HC-eau dans le séparateur				
		Eau	HC	Eau	HC		Avant l'essai	Après l'essai					Température			Sortie		Entrée		
													Air	Eau	HC	Avant	Après	Avant	Après	
1	BRUT	300	380	44	568	612	0	19*	81	460	75	120	306	14	14	12	21	22	—	—
2		430	430	457	405	862	1,2	4	97	389	45	185	280	19	16	14	12	21	—	—
3		225	220	33	398	431	36**	18	118	326	76	55	470	18	13	14	23	45	—	—
4		350	340	277	334	611	6	18	88	274	45	320	115	18	13	14	24	25	—	—
5		925	175	631	164	795	8	12	96	144	18	380	126	18	9	13	19	22	—	—
6		300	320	180	393	573	8	13	95	342	60	280	123	18	8	13	23	26	—	—
7		120	420	52	422	474	5	11	94	376	40	225	126	18	14	14	21	20	40	42
8		900	90	829	118	947	6	8	98	109	12	465	122	18	14	14	24	23	70	68
9		700	130	541	219	760	8	9	99	199	26	165	276	15	9	13	18	24	75	74
10		400	160	168	369	537	8	38	70	229	43	110	293	15	8	13	25	26	70	75
11		280	390	265	353	618	8	8	100	325	53	300	124	15	10	16	11	15	50	50
12		510	280	599	105	704	8	16	92	88	13	150	282	17	9	16	9	14	70	60
13		440	330	374	353	727	14	16	98	297	41	330	132	16	6	13	19	20	45	45
14		325	150	256	212	468	14	48	66	110	24	65	432	16	6	10	—	—	—	—
15		450	400	389	397	786	34	35	99	258	33	375	126	15	7	9	25	29	55	60
16	DIESEL	0	240	21	202	223	0	0	100	202	91	106	126	21	6	13	34	35	35	35
17		410	600	222	394	616	0	1	99	390	63	296	125	21	6	12	50	50	55	60
18		320	420	280	373	653	1	2	99	366	56	310	126	21	10	9	50	50	57	58
19		345	340	300	308	608	1	1	99	305	50	287	127	21	10	10	52	51	58	58
20		600	450	549	379	928	0	2	98	371	40	431	129	14	10	15	29	30	32	36
21		650	115	623	83	706	0	2	98	81	12	150	282	13	8	13	24	24	62	62
22		900	300	600	462	1062	0	20*	80	370	35	222	287	14	7	13	24	26	26	26
23		630	260	571	257	828	2	1	101	254	31	171	291	12	6	12	24	27	52	40
24		125	545	69	577	646	4	2	102	566	88	120	323	12	6	10	21	25	25	41
25		290	665	378	517	895	4	2	102	507	57	178	302	15	6	10	27	38	56	63
26		140	240	143	305	448	2	2	100	299	67	92	292	14	6	9	42	49	58	58

\*Décantation partielle de l'eau au fond des barils

\*\*Mesure prise au fond du réservoir d'hydrocarbures

ce qui exerce une pression directe sur les brides de raccordement. Le séparateur devrait être muni d'un trou d'inspection à chaque compartiment de chicanage pour l'enlèvement des débris qui se sont accumulés entre les chicanes après une longue utilisation.

Le démarreur à câble du moteur Petter est recouvert d'une plaque protectrice fixée à la cuve de réception du fluide hydraulique par des boulons et des écrous. Ceux-ci devraient être remplacés par des genouillères à ouverture rapide. Le réservoir à carburant du moteur pourrait être déplacé pour rendre l'orifice de remplissage plus accessible. Selon la Mariland Water Authority, ce n'est pas un grand inconvénient, et une visibilité suffisante a été assurée pour empêcher les débordements lors des remplissages. Le moteur est bruyant; il faudrait un capot insonorisant permettant une bonne circulation de l'air de refroidissement.

La porte de la rampe est vraiment trop étroite pour une mise à l'eau horizontale de la barrière comme il est recommandé. Le bord inférieur est trop bas, et il entre une grande quantité d'eau lors du hissage à bord lorsque les vagues atteignent 15 cm. Les pesées et les montants de la barrière s'accrochent dans la fente entre la coque et la porte lorsque cette dernière est ouverte. Les ferrures dans les côtés de la porte accrochent les câbles et devraient être relocalisées. Elles sont fixées par des boulons traversants, et des rondelles ordinaires sont placées sous les écrous. Il n'y a ni plaque de répartition de la tension ni renforcement du verre autour des boulons. La bitte de remorquage et la barre pour les cordes sont bien placées et fixées, mais la boucle de remorquage est presque inaccessible sous la porte de la rampe. Il devrait y avoir des taquets supplémentaires en avant pour l'amarrage et le remorquage. Le pont devrait être antidérapant; un tissu stratifié procure une friction satisfaisante qu'il soit sec ou trempé, mais lors du hissage, il faut un appui plus solide. Le lieu d'entreposage de la barrière est étroit, mais une modification du mode de rangement après la quatrième utilisation a donné plus d'espace. Il s'agit d'un défaut de conception, mais il n'est pas possible de satisfaire à tous les critères à la fois. D'après Offshore Devices Inc., ces carences sont caractéristiques des embarcations actuellement sur le marché. Des rambardes devraient être installées autour du toit du séparateur, de la cuve de réception du fluide hydraulique et de la timonerie comme mesure de protection sur une mer agitée. S'agripper aux haubans de la colonne d'évent n'est pas recommandé.

Le barrage et les déversoirs sont stables, gardent une bonne position près de la verticale et ne planent ni ne s'enfoncent. Le montage de la pompe et des boyaux est facile. Les soupapes d'admission des déversoirs présentent très peu de risques de confusion. L'aptitude à suivre les vagues a semblé bonne, quoique les essais aient été réalisés lorsque les conditions étaient assez calmes. La flottabilité de tous les boyaux dans l'eau était adéquate. Dans l'ensemble, un bon fonctionnement a été obtenu avec un mode d'opération à deux ou à trois bateaux. L'utilisation de trois bateaux facilite le montage des boyaux, le dégagement des déversoirs pendant les opérations, etc. La longueur des boyaux est suffisante pour atteindre les quatre déversoirs avec trois bateaux derrière la barrière. Le réglage de la vitesse n'a pas présenté de difficulté ni avec deux ni avec trois bateaux. En eau calme, le déploiement et le hissage à bord n'ont jamais dépassé 10 minutes. Sur une mer agitée, le temps requis doublerait ou triplerait facilement en raison du risque que les conduites et les boyaux s'accrochent et s'emmêlent et de l'absence d'un appui solide des pieds lorsqu'il faut pousser et tirer afin de les démêler. Le récupérateur à déversoir est le plus simple de tous car il n'y a aucune partie mobile à l'intérieur de la barrière. De ce fait, son emploi se limite à des eaux relativement calmes et à des nappes assez épaisses (d'au moins plusieurs centimètres). Le dégagement de l'ouverture est probablement la seule attention qu'il requiert au cours de l'utilisation. Le dégagement des



déversoirs, le changement des soupapes et l'inspection des structures arrières se sont révélés faciles avec trois bateaux, celui d'Offshore Devices étant situé derrière les déversoirs. Toutes les opérations ont été effectuées facilement par trois hommes dans le bateau d'Offshore Devices et elles auraient pu l'être par deux. L'ensemble pourrait fonctionner avec un seul bateau si la source de pollution était fixe et le bateau-barrage pouvait être ancré. Des citernes flottantes, munies de raccords rapides et de drapeaux de repérage, pourraient être utiles dans les cas de déversements plus importants.

La barrière n'est pas facile à déplacer et à arrimer et est encombrante. Elle prend beaucoup de place, ce qui limite la longueur de barrière qui peut être entreposée sur un bateau donné. Les disques flotteurs ont tendance à se détacher trop facilement, et comme la barrière est peu maniable, elle sera probablement toujours traitée assez rudement. Les pesées à la partie inférieure des montants ont tendance à accrocher le câble arrière d'amenée. On pourrait les profiler et éliminer l'espace entre eux et les montants. Un adaptateur spécial est nécessaire pour relier la barrière à d'autres barrières utilisant des méthodes de raccordement de type universel. Les barres de connexion aux extrémités des barrières devraient être munies de genouillères à ouverture rapide plutôt que de boulons et d'écrous pour tenir le raccord adaptateur. Au moment des essais, les boyaux commençaient à s'user, mais des boyaux plus gros résistant à l'abrasion auraient été plus difficiles à manipuler et plus dispendieux. Les branches de remorque aux extrémités de la barrière devraient être attachées par des mousquetons pour faciliter l'enlèvement lors du remorquage de barrières à tendeurs intégrés. Un flotteur au bout de chaque branche faciliterait le ramassage par "bateau-barrière" de la branche lorsque la barrière est déployée par le bateau d'Offshore Devices seul avant l'accrochage. Des câbles (formant la branche) très colorés seraient utiles pour la séparation visuelle des câbles lors de l'installation pour la mise en oeuvre de la barrière. Chaque déversoir est muni d'une grille empêchant l'entrée des débris de plus de 5 cm de long. Des grillages fins à l'ouverture des déversoirs pourraient être utiles et leur nettoyage serait facile lorsque le bateau d'Offshore Devices se trouve derrière les déversoirs, dans les opérations à trois bateaux. Même si la pompe laisse passer de petits débris, l'élimination des épaves flottantes signifiera probablement une réduction du temps mort pour le nettoyage et le dégagement du séparateur. D'autre part, le fabricant convient que l'ensemble est conçu pour permettre le passage de débris ayant jusqu'à 7,5 cm de longueur. Selon lui, des grillages fins ne conviendraient pas car ils seraient obstrués par les petits débris. Les flotteurs en Ethafoam sont assez mous pour subir des dommages physiques mais ils sont quand même assez résilients. Ils s'enroberont facilement d'hydrocarbures.

Il serait bon de rappeler que le dispositif examiné était un premier prototype; de nombreuses modifications décrites plus haut seront sûrement apportées aux versions futures.

#### **5.4 Essais en laboratoire et méthodes**

Au cours de l'évaluation sur le terrain, l'équipe d'évaluateurs a constaté que l'ensemble formé par la pompe et le séparateur à bord de l'embarcation pourrait être très utile en tant que dispositif d'extraction couplé à presque n'importe quel récupérateur à déversoir, y compris à des dispositifs à terre. La pompe et le séparateur d'Offshore Devices seraient peut-être en mesure de combler la faiblesse typique des récupérateurs à déversoir, soit la faible teneur en hydrocarbures du liquide recueilli, tout en restant suffisamment transportables et adaptables.

L'objectif du programme des essais en laboratoire était de déterminer la teneur en hydrocarbures du liquide recueilli en fonction de celle du liquide aspiré et du régime de la pompe. La teneur en hydrocarbures de l'eau recueillie a également été contrôlée.

Un schéma de l'installation d'essai est présenté à la figure 9, et une photographie du dispositif, à la planche 6. La pompe était alimentée par des conduites plongeant dans des réservoirs d'hydrocarbures et d'eau et dont le débit était ajustable pour obtenir la proportion voulue d'hydrocarbures et d'eau à l'admission de la pompe. La conduite d'échantillonnage permettait de déterminer la proportion réelle d'hydrocarbures entrant dans le séparateur lors de chaque essai, et les deux robinets de réglage de l'admission étaient ajustés manuellement selon la proportion voulue. Après séparation, les hydrocarbures et l'eau extraits étaient recueillis dans des barils jaugeurs distincts lorsque les conditions étaient devenues stables et dans un réservoir collecteur avant et après la période de mesure.

Tous les essais ont comporté les étapes suivantes:

- a) ajustement des robinets de réglage pour obtenir une proportion prédéterminée d'hydrocarbures et d'eau;
- b) mise en marche de la pompe après réglage du régime acquis;
- c) ajustement du séparateur de façon à maintenir l'interface hydrocarbures-eau constante et prise en note de cette valeur;
- d) transfert des conduites d'évacuation des hydrocarbures et de l'eau des barils collecteurs aux barils jaugeurs;
- e) mesure du temps de remplissage de chaque baril jaugeur et prise en note du niveau dans les réservoirs d'eau et d'hydrocarbures;
- f) arrêt de l'essai, ordinairement lorsque le volume recueilli d'hydrocarbures ou d'eau dépassait 500 litres;
- g) prise en note du niveau dans les réservoirs d'hydrocarbures et d'eau et dans les barils jaugeurs ainsi que du temps;
- h) mesure de la température de l'eau, de l'air et des hydrocarbures; et
- i) prélèvement d'échantillons d'hydrocarbures dans les réservoirs et dans les barils jaugeurs et centrifugation.

## 5.5 Résultats des essais

Vingt-six essais ont été réalisés, quinze sur du pétrole brut et onze sur du combustible pour moteur diesel. Les résultats sont résumés au tableau 4.

Dans les troisième et quatrième colonnes de ce tableau sont indiqués les volumes d'eau et d'hydrocarbures employés dans chaque essai, dans les colonnes 5 et 6, les volumes recueillis, et dans les colonnes 7 et 8, la teneur en eau des hydrocarbures avant et après les essais. Pour obtenir la valeur corrigée de la teneur en hydrocarbures, on a soustrait de 100 p. cent la teneur en eau des hydrocarbures avant l'essai et ajouté la teneur mesurée après l'essai. Le régime de la pompe a été calculé à partir du temps requis pour remplir les barils, ainsi que du volume total de liquide recueilli.

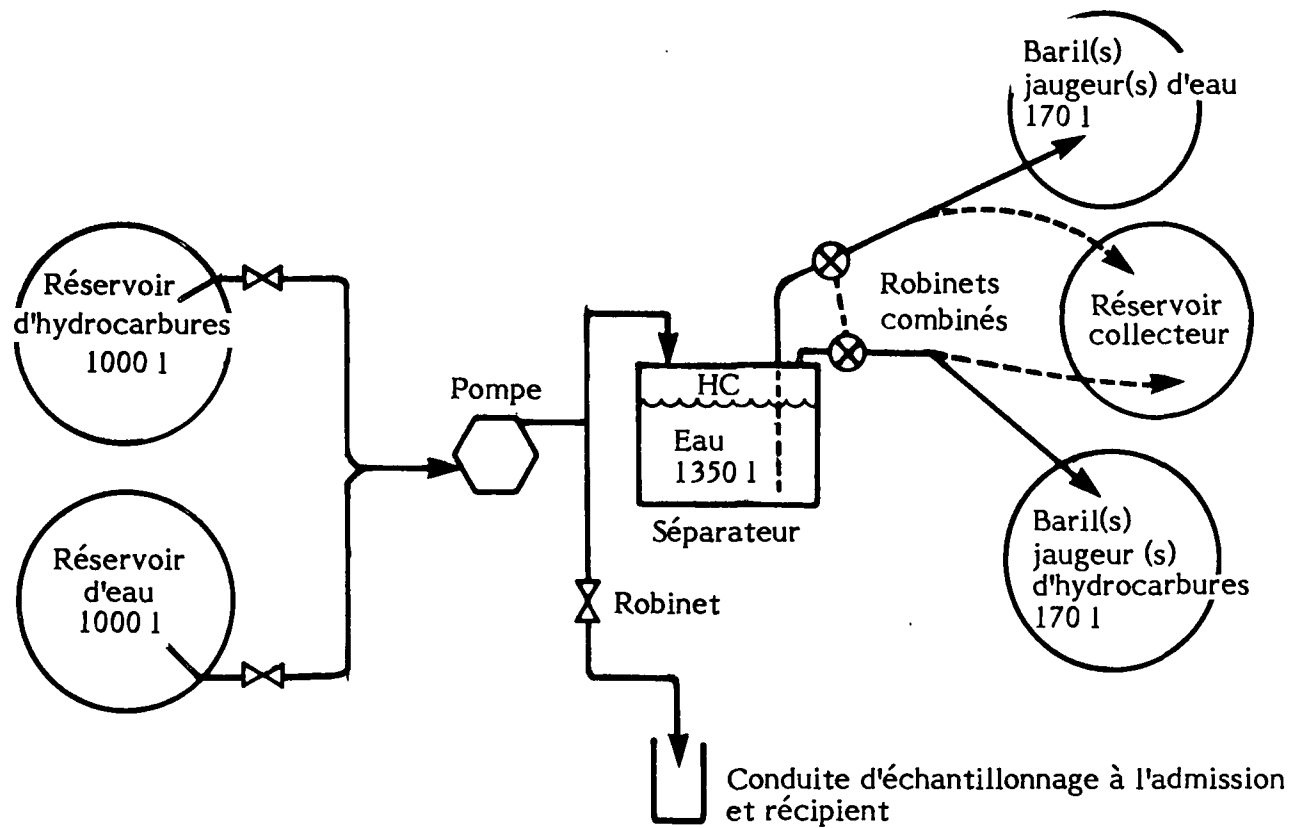


FIGURE 9 SCHÉMA DES ESSAIS DE LA POMPE ET DU SÉPARATEUR D'OFFSHORE DEVICES

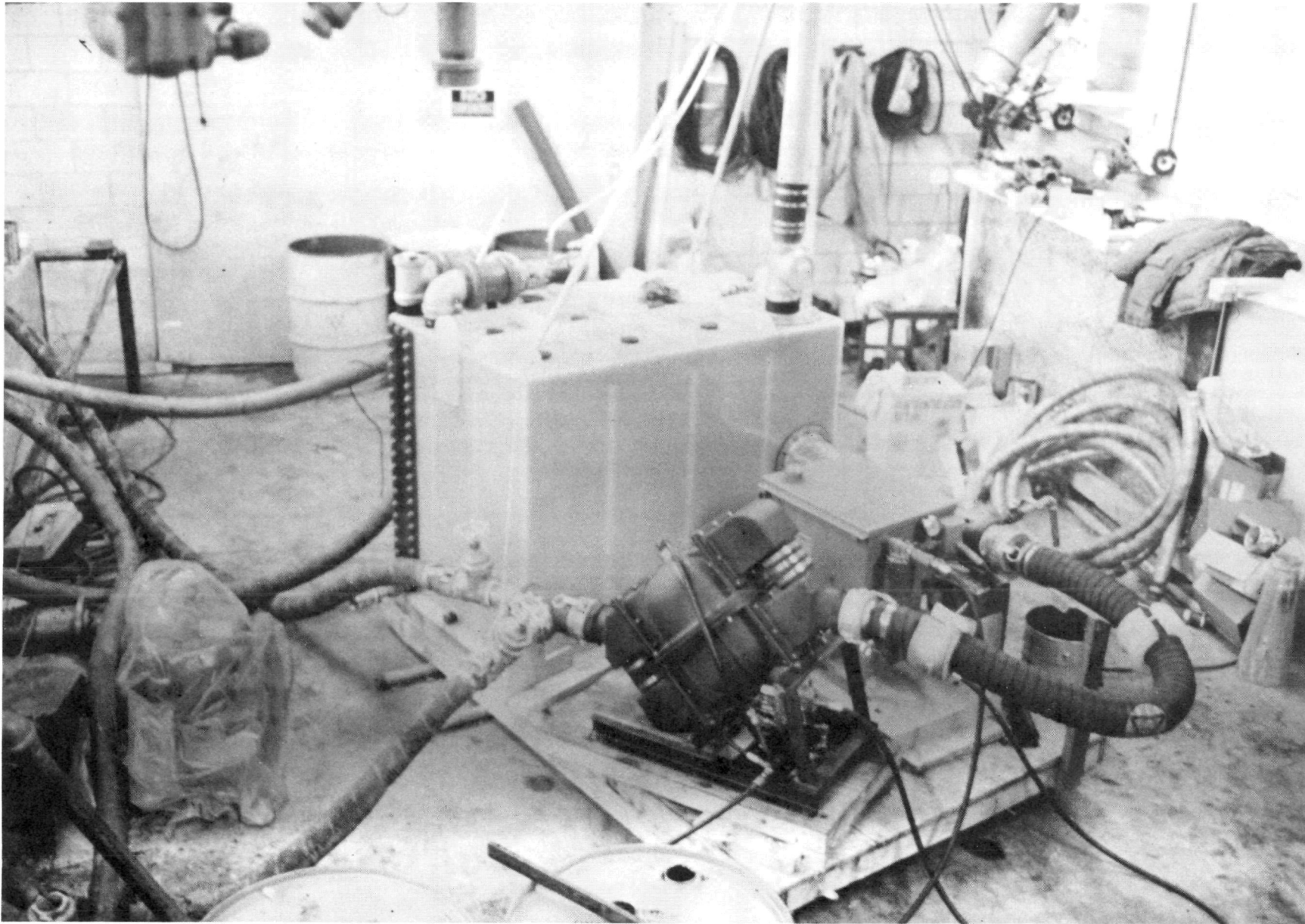


PLANCHE 6 POMPE ET SÉPARATEUR D'OFFSHORE DEVICES

## 5.6 Discussion

Le graphique de la teneur corrigée\* en hydrocarbures en fonction du régime de la pompe est donné à la figure 10. À un débit de récupération de 125 l/mn, la qualité des hydrocarbures recueillis était similaire à celle des hydrocarbures dans le réservoir d'origine. À 300 l/mn, la qualité du combustible diesel est restée excellente tandis que celle du pétrole brut était réduite, la teneur en eau variant de 30 p. cent à 1 p. cent. À 450 l/mn, l'interface hydrocarbures-eau dans le séparateur n'était pas discernable au cours de l'essai et, par conséquent, il a été difficile d'ajuster tant soit peu le niveau d'hydrocarbures et d'eau dans le séparateur. Dans cet essai, les hydrocarbures renfermaient jusqu'à 34 p. cent d'eau et l'eau contenait environ 0,7 p. cent d'hydrocarbures. Si un tel problème surgissait en conditions réelles, il pourrait en résulter une perte complète de contrôle car la proportion d'hydrocarbures et d'eau changerait continuellement et il serait impossible d'ajuster le niveau avec le robinet d'évacuation. Comme le régime maximal théorique est de 270 l/mn, une telle dégradation du rendement n'est pas surprenante.

Il n'a pas été possible de trouver une relation entre les diminutions des proportions d'hydrocarbures et d'eau à l'alimentation et la teneur en eau des hydrocarbures récupérés.

## 5.7 Conclusions

1. La pompe fournie est trop puissante pour le séparateur. Une plus petite qui utiliserait des boyaux plus petits conviendrait mieux.
2. La pression dans le séparateur (limitée par la colonne d'évent) étant basse, seules des utilisations au niveau de l'eau comme pour le transbordement du produit dans des citernes souples flottantes sont possibles. Même un transbordement dans un camion-citerne par l'orifice supérieur pourrait entraîner un débordement.
3. Le séparateur est bien construit, toutefois on devrait envisager:
  - a) des garnitures intérieures doubles pour les tuyaux d'évacuation ainsi que des manchons renforcés;
  - b) une colonne d'évent doublée pour la citerne, pour une résistance accrue; et
  - c) un évent antisiphonnement permanent dans la conduite d'évacuation de l'eau (offert sur le modèle de base).
4. Les commandes de la pompe sont excellentes et faciles à manoeuvrer.
5. Le moteur électrique et le système hydraulique ont très bien fonctionné.
6. La pompe a besoin d'être bien fixée.
7. Les boyaux et les raccords sont tous de bonne qualité.
8. Aux bas régimes, la séparation des hydrocarbures et de l'eau est très nette. Aux hauts régimes (plus de 270 l/mn), les valeurs nominales sont dépassées et on ne peut s'attendre à un bon rendement.

---

\* La teneur corrigée en eau est la différence entre la teneur en eau après l'essai et la teneur avant l'essai; la teneur corrigée en hydrocarbures est de 100 p. cent moins la teneur corrigée en eau.

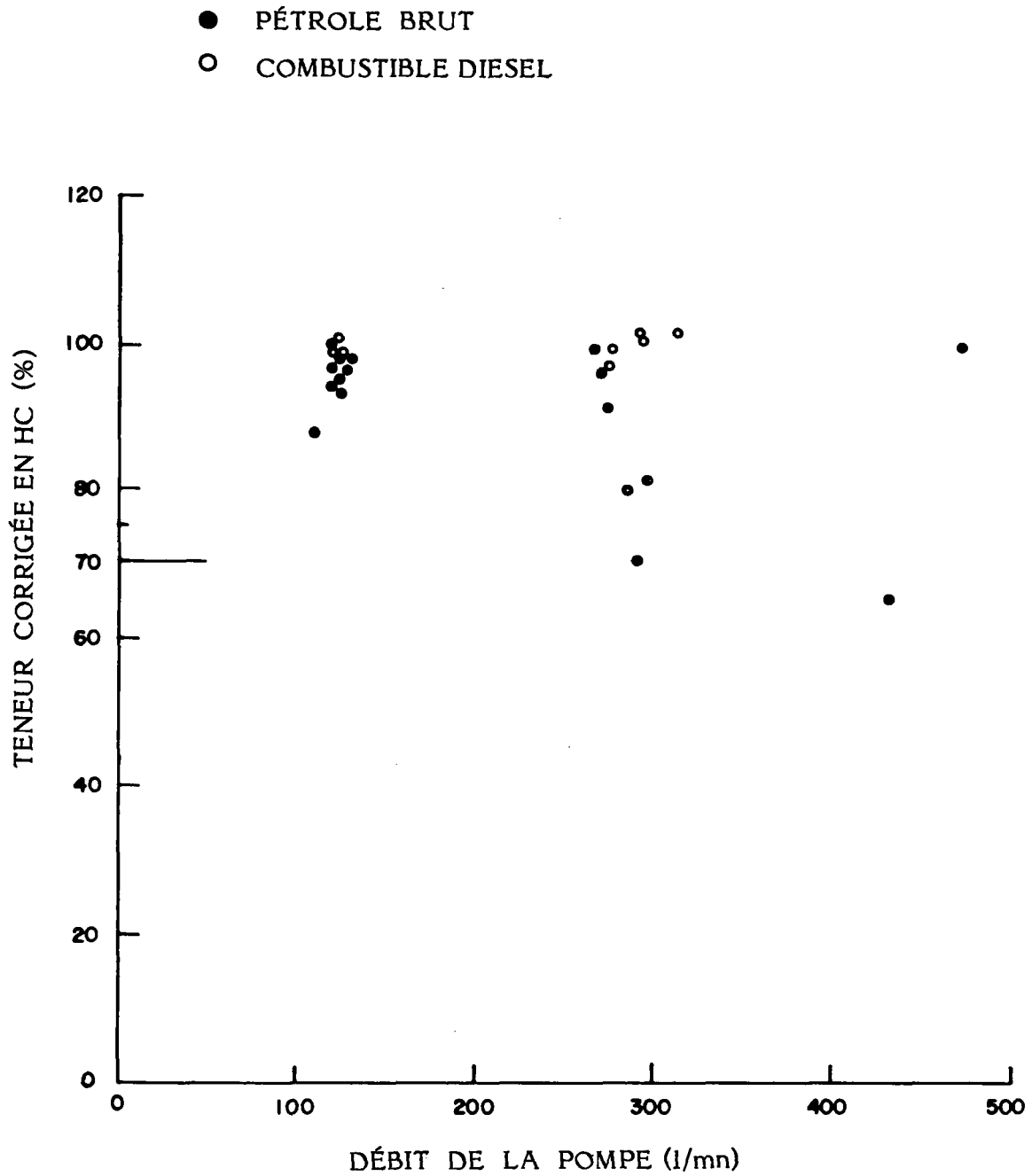


FIGURE 10 GRAPHIQUE DE LA TENEUR CORRIGÉE EN HYDROCARBURES EN FONCTION DU DÉBIT DE POMPAGE DES HYDROCARBURES

## 6 ÉVALUATION DES POMPES

Nous traiterons de la pompe rotative Roper et de la pompe à membranes Komline-Sanderson. Les essais dont elles ont fait l'objet viennent s'ajouter à une série d'essais de pompes réalisés par Arctec en 1977 pour Environnement Canada (1978).

Nous avons tenté de reproduire les conditions expérimentales des travaux précédents le plus étroitement possible afin de permettre des comparaisons entre les résultats.

Les deux pompes ont également été examinées en laboratoire dans une boucle d'essai devant représenter quelques-unes des principales exigences du nettoyage en situation réelle. À cette fin, deux fluides ont été pompés, et le rendement des pompes a été évalué selon des critères de bon et de mauvais fonctionnement.

### 6.1 Méthodes

Un essai a été effectué pour évaluer la performance de chaque pompe, à l'extérieur des laboratoires d'Arctec Canada Ltd. à Kanata, en Ontario. Il a consisté à pomper des fluides de viscosité différente à des hauteurs diverses d'aspiration et de refoulement et à observer les débits obtenus. Les essais ont également permis une démonstration pratique du principe de chaque pompe et une évaluation de la construction par rapport aux critères de mauvais fonctionnement.

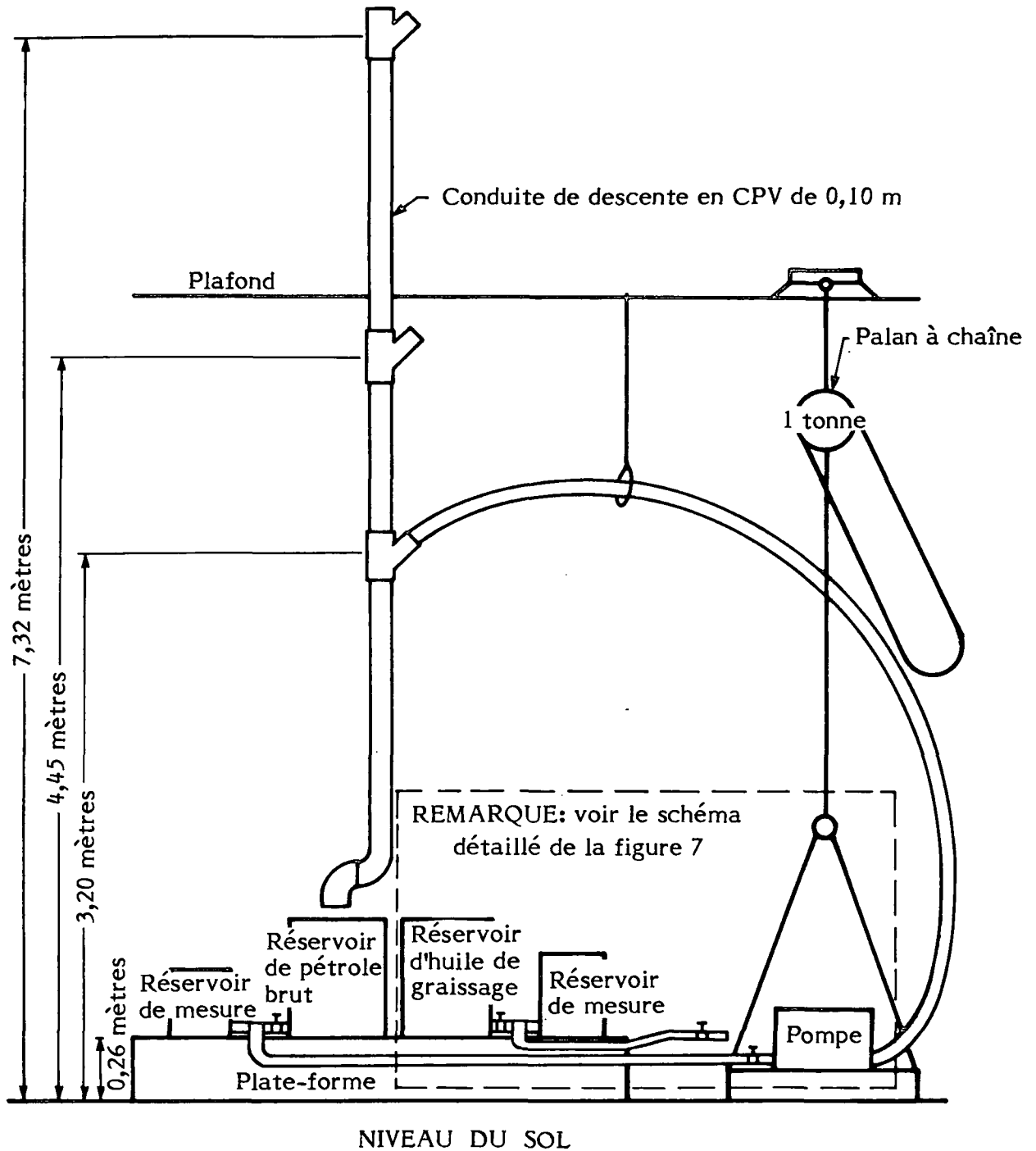
Des schémas du montage employé pour les essais sont présentés aux figures 11 et 12. La planche 7 fait voir un appareil en utilisation. Le montage consistait en deux circuits séparés (un fluide différent dans chacun) utilisant une même conduite de descente.

On a fait varier la hauteur d'aspiration, mesurée comme la distance entre le niveau dans le réservoir d'alimentation et le centre de la pompe, en élevant et abaissant cette dernière au moyen d'un palan à chaîne. Pour faire varier la hauteur de refoulement, mesurée comme la distance entre le point élevé du tuyau de refoulement et le centre de la pompe, on a inséré le tuyau de refoulement dans les diverses branches de la conduite de descente.

Pour mesurer le débit, on arrêtait l'aspiration dans le réservoir principal d'alimentation lorsque l'écoulement était devenu stable et on ne prélevait du liquide que du petit réservoir. On chronométrait alors la baisse de niveau sur un indicateur fixé à la paroi interne du réservoir.

La pression aux points d'aspiration et de refoulement de la pompe a été enregistrée. La vitesse de rotation de la pompe Roper a été mesurée à l'aide d'un tachymètre, mais non celle de la pompe Komlite-Sanderson car elle n'avait pas de pièces rotatives accessibles. La viscosité et la température des hydrocarbures ont été mesurées vers la fin de chaque essai dans le réservoir d'hydrocarbures à l'aide d'un viscosimètre de Zahn et d'un thermomètre en verre.

Les conditions d'essai de chaque pompe pour chaque type d'hydrocarbures sont indiquées au tableau 5. Les hauteurs réelles dépendent de la hauteur de l'axe de la pompe et ont été mesurées avant chaque essai. L'essai E comportait un amorçage automatique.



REMARQUE: toutes les tubulures sont en caoutchouc flexible et ont 5 cm de diamètre

FIGURE 11 SCHÉMA DU MONTAGE D'ESSAI DES POMPES



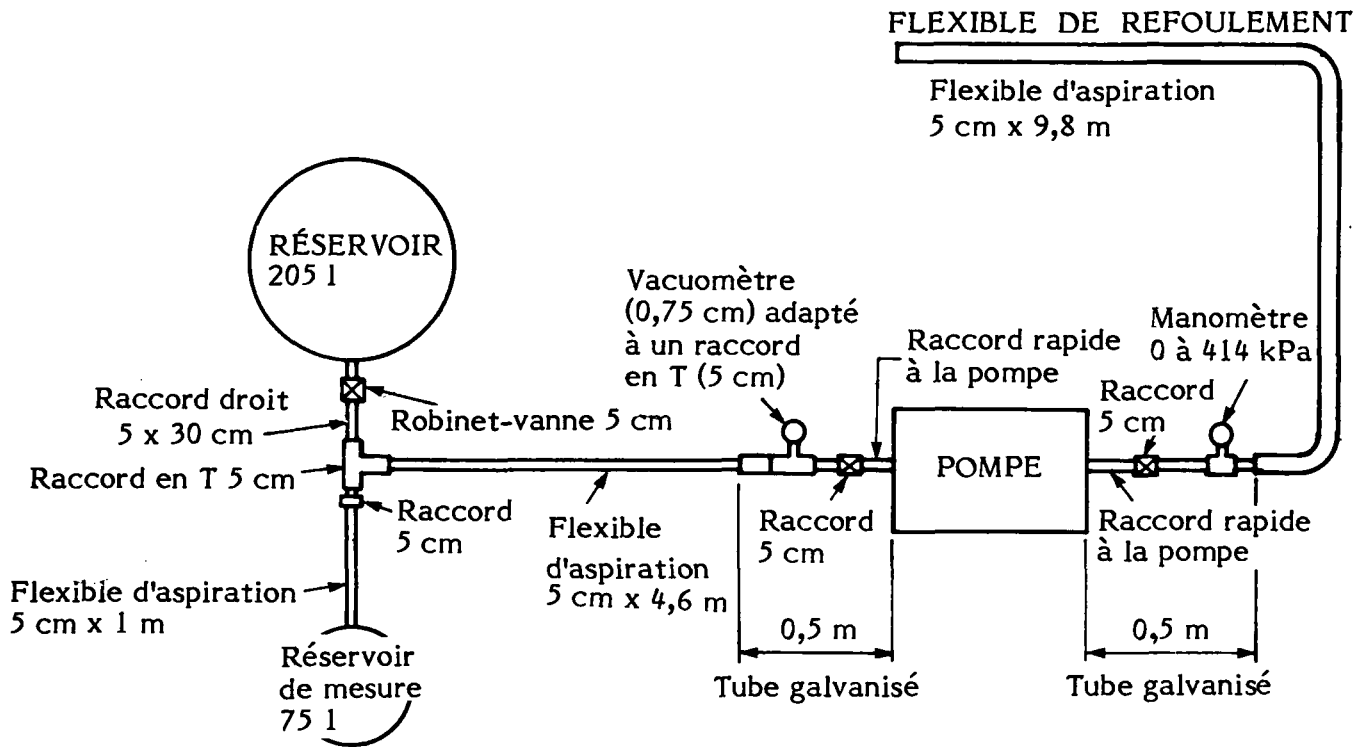


FIGURE 12 SCHÉMA DÉTAILLÉ DU MONTAGE D'ESSAI DES POMPES

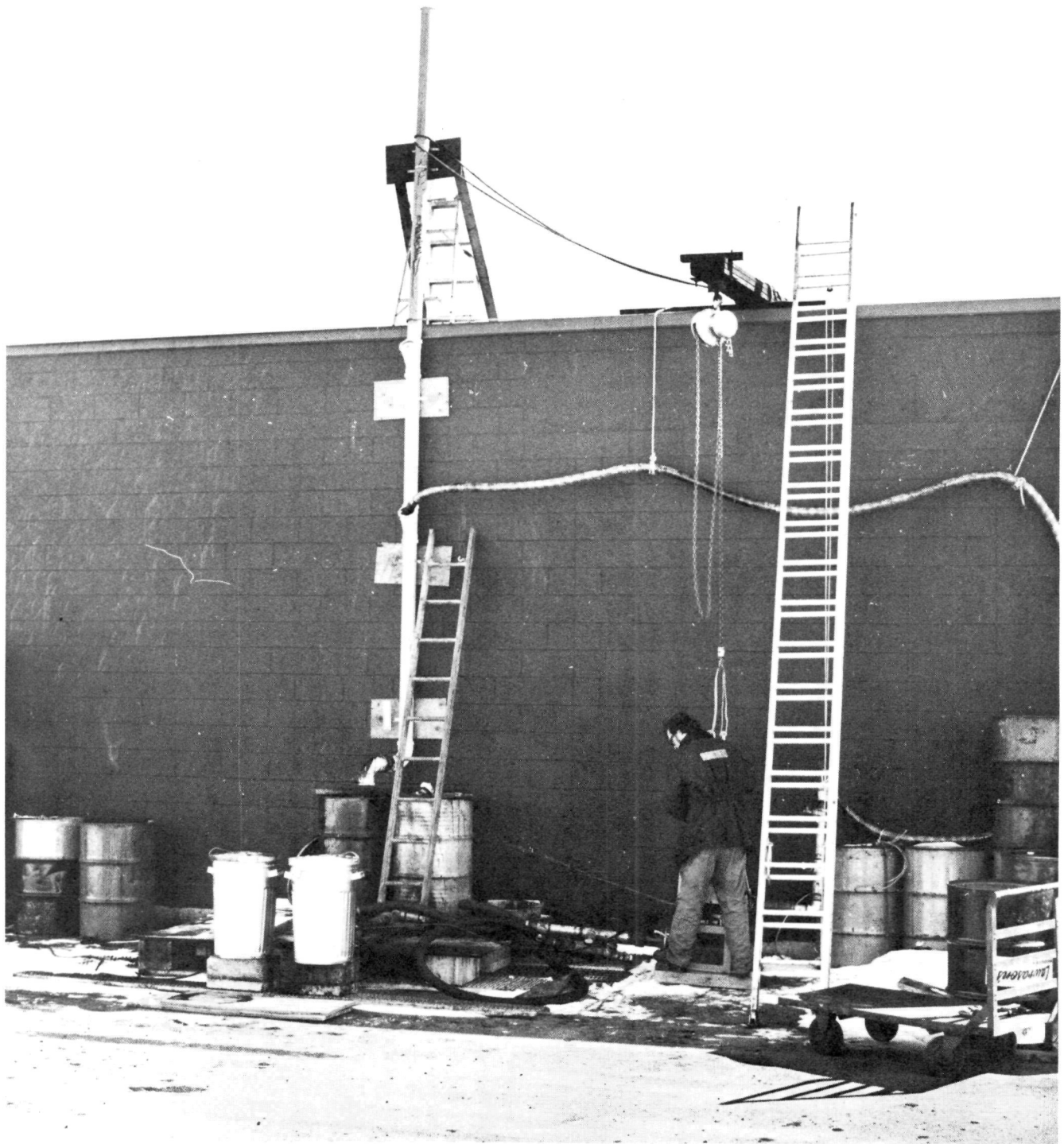


PLANCHE 7 INSTALLATION D'ESSAI

Le dispositif a d'abord été vidé par pompage alors que le robinet du réservoir d'alimentation était fermé. Ce robinet a ensuite été ouvert rapidement, et le temps jusqu'à la sortie du liquide de la conduite de descente a été pris en note. Deux essais ont été réalisés dans chaque série de conditions.

Chaque pompe a subi la série d'essais indiquée au tableau 5 avec deux types d'hydrocarbures de viscosité différente, du brut vénézuélien et de l'huile de graissage BP (EM 68ISO). Ces essais, ainsi que les courbes publiées pour les pompes employées en eaux froides, ont fourni des données sur la pression et le débit pour trois valeurs différentes de viscosité.

Les conditions d'aspiration et de pression ont été choisies de façon à simuler de façon réaliste les conditions physiques typiques du nettoyage dans les cas de déversement. Le diamètre des conduites était de 5 cm, et les raccords ont été réduits au minimum afin de réduire les pertes par frottement de sorte que les variations des conditions d'aspiration et de pression soient observables dans les données sur le débit.

TABLEAU 5 CONDITIONS DES ESSAIS

Position de la conduite de refoulement	Écart entre l'axe de la pompe et le niveau dans le réservoir	Observations
A Trou 1	Pompe au sol	
B Sommet	Pompe au sol	
C Réservoir (directement)	0	
D Trou 1	0	Vidange de la conduite d'alimentation par pompage à la fin
E Trou 2	+ 1 mètre	Mesure du délai entre l'amorçage, l'apparition de l'écoulement et le plein régime
F Trou 2	+ 1 mètre	
G Sommet	+ 3 mètres	

Les pertes moyennes de charge dues au frottement, compte non tenu des pertes mineures, sont indiquées au tableau 6 pour chaque pompe et chaque liquide. La disposition des conduites et des raccords était identique pour les deux pompes; par conséquent, les variations observées sont attribuables au débit produit par la pompe et aux viscosités

mesurées le jour de l'essai. Exprimées dans le tableau en mètres par mètre du trajet d'écoulement, les pertes de charge dues au frottement sont importantes, mais ne masquent pas l'effet des modifications de la disposition du matériel pour l'aspiration et le refoulement.

TABLEAU 6 PERTES MOYENNES DE CHARGE DUES AU FROTTEMENT, EN MÈTRES PAR MÈTRE DE TUYAUTERIE

Pompe	Pertes dues au frottement	
	Pétrole brut	Huile de graissage
Roper	0,065	0,23
Komline-Sanderson	0,11	0,20

## 6.2 Description des pompes et résultats des essais

**6.2.1 Pompe rotative Roper (modèle n° 2AM21).** Il s'agit d'une pompe rotative à engrenages dont un schéma tiré du catalogue de Roper est présenté à la figure 13.

Comme elle est du type volumétrique, elle incorpore une soupape de sûreté. Bien commandée, elle permet une circulation dans les deux sens; toutefois, la soupape de sûreté ne fonctionne que dans une direction.

La pompe a été montée sur une poutre profilée en U de 30 sur 8 cm, et, après couplage direct à un moteur de 1 1/2 hp de Brook Crompton Parkinson Ltd., l'ensemble mesurait 90 sur 30 sur 26 cm et pesait 69 kg. La pompe seule mesurait 18 sur 36 sur 16 cm de haut.

Relativement léger, l'ensemble pouvait être déplacé sans trop de difficulté par deux hommes. Il ne comportait pas de boucle de suspension mais sa forme longue et étroite lui permettait d'être facilement élingué. Des poignées de suspension l'auraient rendu plus facile à porter. Un opérateur portant des gants de caoutchouc isolé pourrait faire fonctionner la pompe. Celle-ci est présentée à la planche 8.

L'ensemble de la pompe Roper était bien conçu du point de vue de la sécurité et de l'entretien. Le moteur est antidéflagrant, et tous les raccords sont protégés. L'arbre d'entraînement est protégé par un carter. On peut détacher assez facilement le moteur de la pompe en enlevant les boulons rattachant celle-ci à la poutre et en détachant l'arbre de commande au point de raccordement. La pompe examinée ne possédait pas de bouchon de vidange, mais on a observé qu'elle se vidait elle-même presque complètement lorsqu'on la laissait fonctionner à vide à la fin des essais. Le fonctionnement est doux et le régime d'écoulement régulier.

Les résultats des essais sont présentés aux tableaux 7 et 8. La pompe a réussi à véhiculer les deux fluides employés, mais les débits atteints étaient beaucoup plus faibles dans le cas de l'huile de graissage plus visqueuse. La pompe a montré une certaine tendance à causer une rupture due au cisaillement de l'écoulement de l'huile de graissage

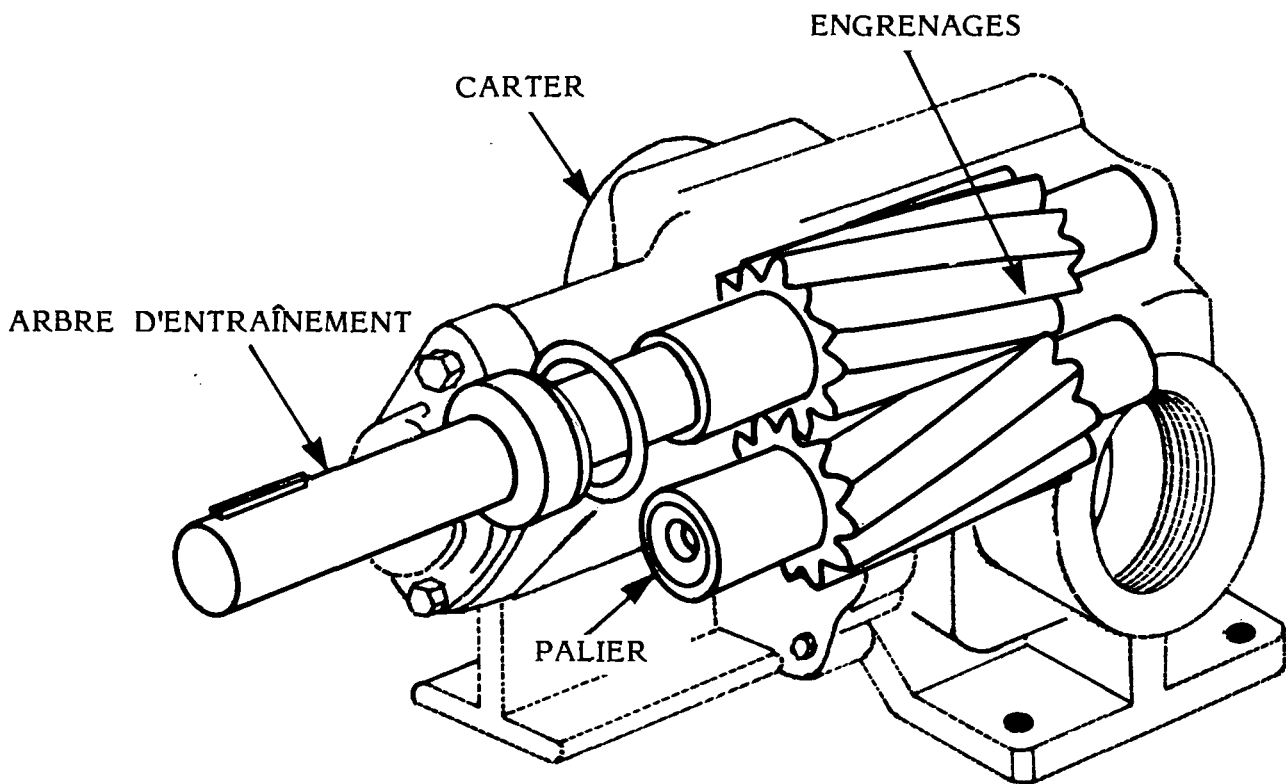


FIGURE 13 SCHÉMA DE LA POMPE ROTATIVE DE ROPER

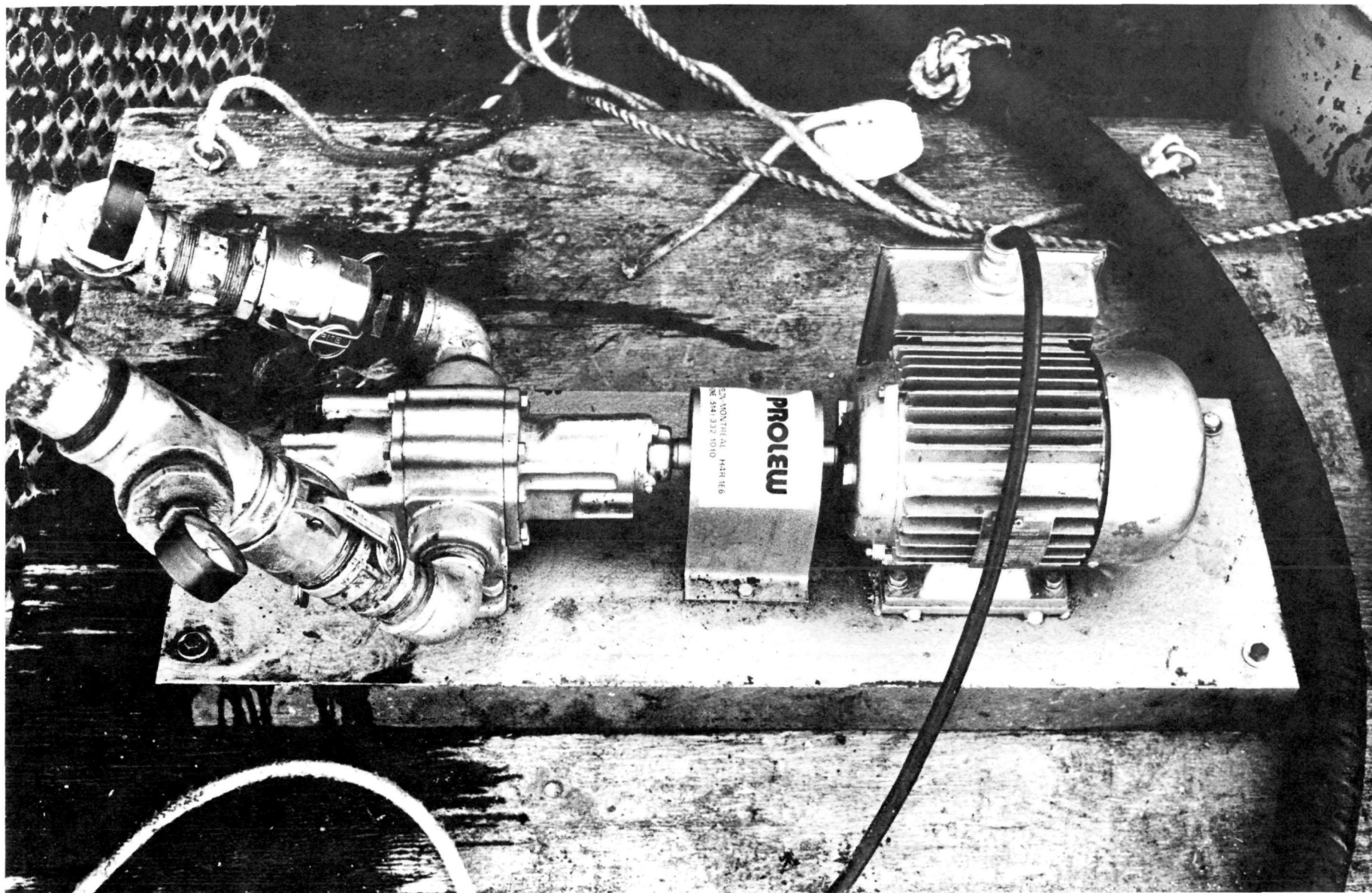


PLANCHE 8 POMPE DE ROPER EN SERVICE

TABLEAU 7 FICHE D'ÉVALUATION DE POMPE

Type de pompe: Roper

Date des essais: 16 mars 1979

Température moyenne de l'air

Type d'hydrocarbures: pétrole brut  
au cours des essais: 4 °C

Viscosité au début des essais: 0,060 Pa.s à 3 °C

Essai	Hau- teur d'aspi- ration (m)	Hauteur de refou- lement (m)	Hau- teur totale (m)	Visco- sité (Pa.s)	Tempé- rature des HC (°C)	Vitesse de la pompe tr/mn	Débit (l/s)	Pres- sion d'aspi- ration (kPa)	Pres- sion de refou- lement (kPa)
A <sub>1</sub>	0,47	2,94	2,47	0,048	3,0	1725	2,22	0	34,5
A <sub>2</sub>	0,47	2,94	2,47	0,050	3,0	entraî-	2,22	1,7	37,9
B <sub>1</sub>	0,47	7,06	6,59	0,048	3,0	nement	2,0	3,1	69,0
B <sub>2</sub>	0,47	7,06	6,59	0,050	3,0	direct	2,31	2,7	69,0
G <sub>1</sub>	-2,17	4,42	6,59	0,048	3,0	par	2,11	23,8	20,7
G <sub>2</sub>	-2,17	4,42	6,59	0,050	3,0	moteur	2,17	23,8	20,7
C <sub>1</sub>	0	0,30	0,30	0,053	3,0	élec-	2,33	6,8	24,1
C <sub>2</sub>	0	0,30	0,30	0,051	3,0	trique	2,35	6,1	20,7
D <sub>1</sub>	0	2,47	2,47	0,048	2,8		2,22	6,1	34,5
D <sub>2</sub>	0	2,47	2,47	0,048	2,8		2,32	6,1	34,5
E <sub>1</sub>	-1,02	2,70	3,72	0,048	2,5		8,0 s pour s'auto-amorcer		
E <sub>2</sub>	-1,02	2,70	3,72	0,048	2,5		9,0 s pour s'auto-amorcer		
F <sub>1</sub>	-1,02	2,70	3,72	0,053	2,0		2,22	19,0	41,4
F <sub>2</sub>	-1,02	2,70	3,72	0,052	2,0		2,27	19,0	41,4

comme le démontrait une élévation de la température. Toutefois, l'effet a été relativement peu important, et cela n'a pas été observé avec le pétrole brut. L'amorçage automatique de la pompe s'est bien effectué.

La pompe a plusieurs inconvénients qui font qu'elle ne peut être utilisée de façon générale pour le nettoyage dans les cas de déversements d'hydrocarbures. Sa principale lacune est de ne pas pouvoir véhiculer les débris en raison de ses tolérances étroites. Elle a été conçue pour une gamme étendue de viscosité mais les fluides doivent être propres.

Le moteur électrique fourni avec la pompe ne convient pas dans le cas de l'huile de graissage. À son régime normal de fonctionnement de 1720 tr/mn, il n'a pas pu fournir un couple suffisant pour faire fonctionner la pompe. Par conséquent, le moteur a été ralenti jusqu'à 30 à 50 p. cent de sa vitesse nominale au cours des essais et a connu de sérieuses difficultés dues au chauffage excessif. Aux vitesses plus lentes, la pompe n'a pas pu fournir une hauteur d'aspiration uniforme, et l'écoulement a été irrégulier. Un moteur plus puissant atténuerait probablement ces difficultés.

**6.2.2 Pompe Komline-Sanderson.** Il s'agit d'une pompe industrielle à membranes à double effet. Le modèle examiné était monté solidement sur une charpente métallique à laquelle étaient fixés des patins de bois de 5 sur 10 cm (voir planche 9). Pour une plus grande facilité de transport, la pompe est également disponible dans une version sur roues.

TABLEAU 8 FICHE D'ÉVALUATION DE POMPE

Type de pompe: Roper

Date des essais: 22 mars 1979

Température moyenne de l'air  
au cours des essais: 12 °C

Type d'hydrocarbures: huile de  
graissage (BP EM68ISO)

Viscosité au début des essais: 0,610 Pa.s à 6 °C

Essai	Hau- teur d'aspi- ration (m)	Hauteur de refou- lement (m)	Hauteur totale (m)	Visco- sité (Pa.s)	Tempé- rature des HC (°C)	Vitesse de la pompe tr/mn	Débit (l/s)	Pres- sion d'aspi- ration (kPa)	Pres- sion de refou- lement (kPa)
A <sub>1</sub>	0,43	2,90	2,47	0,553	8	561	0,81	34,0	79,3
A <sub>2</sub>	0,43	2,90	2,47	0,545	8		0,91	30,6	69,0
B <sub>1</sub>	0,43	7,02	6,59	0,496	8,5	449	0,79	40,8	103,4
B <sub>2</sub>	0,43	7,02	6,59	0,484	9		0,70	42,5	96,5
G <sub>1</sub>	-2,37	4,22	6,59	0,456	14	550	0,93	47,6	75,8
G <sub>2</sub>	-2,37	4,22	6,59	0,398	14,5		0,77	42,5	69,0
F <sub>1</sub>	-0,37	3,35	3,72	0,380	15	597	1,01	39,1	58,6
F <sub>2</sub>	-0,37	3,35	3,72	0,440	15		0,82	34,0	55,2
e <sub>1</sub>	Temps d'auto-amorçage - 14 secondes								
e <sub>2</sub>	Temps d'auto-amorçage - 14 secondes								
D <sub>1</sub>	0	2,47	2,47	0,378	15	935	1,47	34,0	69,0
D <sub>2</sub>	0	2,47	2,47	0,380	14		1,32	30,6	58,6
C <sub>1</sub>	0	0,70	0,70	0,380	13	863	1,40	35,7	48,3
C <sub>2</sub>	0	0,70	0,70	0,440	12		1,30	30,6	41,4



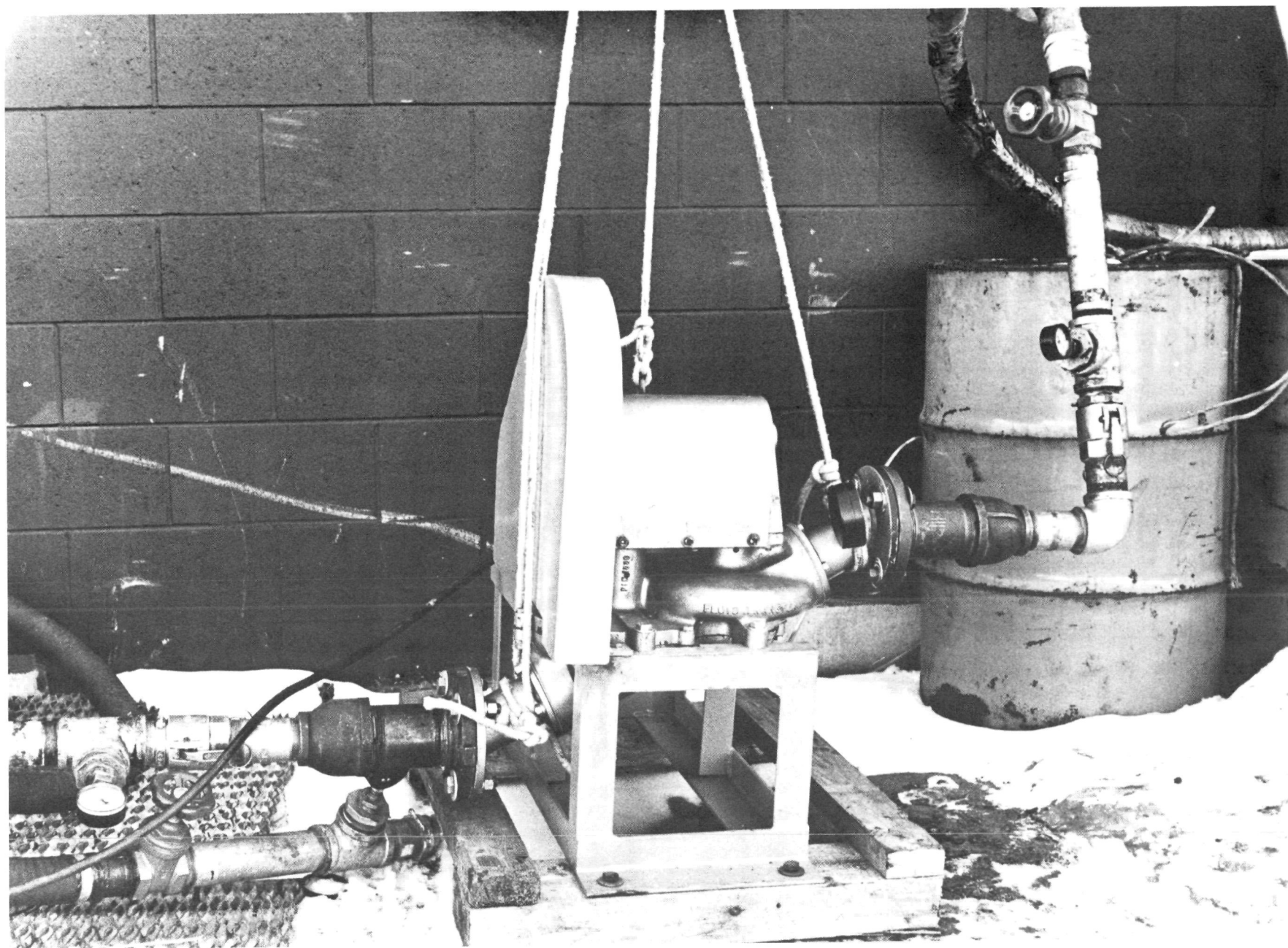


PLANCHE 9 POMPE DE KOMLINE-SANDERSON AU COURS DES ESSAIS

L'ensemble mesure 85 sur 70 sur 85 cm de haut et pèse 125 kg. La pompe seule mesure 70 sur 60 cm de haut. Elle est munie de raccords à brides de 7,6 cm et devrait théoriquement débiter jusqu'à 6,3 l/s d'eau froide et fonctionner à des hauteurs de refoulement dépassant 30 m.

Un moteur électrique triphasé, de 750 V, de 5 hp et de 1730 tr/mn, fabriqué par Brook Crompton Parkinson Ltd. a été employé comme appareil moteur. Il était relié à la pompe au moyen d'une courroie trapézoïdale, et la vitesse de la pompe était réduite au cinquième de celle du moteur au moyen d'une poulie réductrice. Les membranes sont mues par deux excentriques et deux bielles, et sont décalées l'une par rapport à l'autre dans le corps de la pompe. Des soupapes de retenue du type clapet sont employées. Afin de réduire au minimum les dommages à la pompe lors d'un blocage éventuel, des goupilles de cisaillement sont incorporées dans le dispositif d'entraînement. Sur le modèle examiné, les seules commandes de fonctionnement de la pompe sont l'interrupteur marche/arrêt et les robinets des tubulures d'aspiration et de refoulement. Il est possible de louer une pompe pouvant être mue par un moteur à essence ou un moteur diesel.

L'ensemble est de construction ne présentant pas de danger. Le moteur est protégé contre les explosions et tous les raccords sont protégés. Les dispositifs d'entraînement par courroie trapézoïdale et par excentrique sont protégés par un carter.

L'accès à la pompe pour le remplacement de la membrane est considéré comme acceptable seulement. Une membrane devrait être gardée en réserve.

La pompe ne possède pas de bouchon de vidange. Après les essais on l'a vidangée en ouvrant mécaniquement le clapet et en laissant les hydrocarbures s'écouler sous l'action de la pesanteur.

Par temps froid, des difficultés dues à l'englacement des clapets sont à prévoir.

La pompe admet les débris d'une certaine grosseur (jusqu'à 1,2 cm selon le catalogue du fabricant).

Les résultats des essais sont présentés aux tableaux 9 et 10. Les deux liquides ont pu être pompés, mais les débits étaient beaucoup plus faibles dans le cas de l'huile de graissage qui est plus visqueuse. Le débit était réduit aux grandes hauteurs d'aspiration dans les essais avec l'huile de graissage, mais non dans ceux avec le pétrole brut. Le régime d'écoulement de la pompe était uniforme et l'amorçage automatique a été efficace. Il n'y a pas eu de tendance au cisaillement de l'écoulement due au cisaillement et, par conséquent, la formation d'émulsions attribuables au pompage devrait être minime.

La pompe Komline-Sanderson a bien déplacé le pétrole de faible viscosité et ce sans émulsification. Son efficacité était considérablement réduite dans le cas de l'huile de graissage. Ses principaux inconvénients sont sa sensibilité au gel et à l'obstruction par de gros débris.

### **6.3 Discussion et conclusions**

Nous avons cherché à comparer directement le rendement des deux pompes examinées ici et des onze unités éprouvées antérieurement (Purves et Solsberg, 1978). Les résultats sont présentés au tableau 11.

TABLEAU 9 FICHE D'ÉVALUATION DE POMPE

Type de pompe: Komline-Sanderson

Date des essais: 21 mars 1979

Température moyenne de l'air  
au cours des essais: 8,5 °C

Type d'hydrocarbures: pétrole brut

Viscosité au début des essais: 0,057 Pa.s à 3 °C

Essai	Hau- teur d'aspi- ration (m)	Hauteur de refou- lement (m)	Hau- teur totale (m)	Visco- sité (Pa.s)	Tempé- rature des HC (°C)	Vitesse de la pompe tr/mn	Débit (l/s)	Pres- sion d'aspi- ration (kPa)	Pres- sion de refou- lement (kPa)
A <sub>1</sub>	0,20	2,75	2,55	0,059	3,0		3,1	23,8	55,2
A <sub>2</sub>	0,20	2,75	2,55	0,060	3,0		2,9	27,2	55,2
B <sub>1</sub>	0,20	6,87	6,67	0,057	3,5		3,3	23,8	75,8
B <sub>2</sub>	0,20	6,87	6,67	0,053	3,5		3,4	27,2	68,9
G <sub>1</sub>	-2,50	4,17	6,67	0,046	4,0		3,3	34,0	68,9
G <sub>2</sub>	-2,50	4,17	6,67	0,052	4,5		3,2	37,4	68,9
G <sub>3</sub>	-2,50	4,17	6,67	0,050	4,5		3,2	37,4	68,9
F <sub>1</sub>	-1,03	2,77	3,80	0,050	5,5		3,9	17,0	68,9
F <sub>2</sub>	-1,03	2,77	3,80	-	-		3,6	27,2	68,9
E <sub>1</sub>	-1,03	2,77	3,80					28,9	62,1
E <sub>2</sub>	-1,03	2,77	3,80	Temps d'auto-amorçage: 14 sec.; 13 sec.					
D <sub>1</sub>	0	2,55	2,55	0,040	7,0		3,5	20,4	55,2
D <sub>2</sub>	0	2,55	2,55	0,041	7,0		3,8	27,2	58,6
C <sub>1</sub>	0	0,76	0,76	0,042	7,0		3,9	10,2	75,8
C <sub>2</sub>	0	0,76	0,76	0,040	7,0		4,1	27,2	65,5

**6.3.1 Étude des résultats.** Aucune des deux pompes examinées ici ne représente le meilleur type possible de pompe pour le nettoyage dans les cas de déversements d'hydrocarbures.

i) Hauteur de refoulement et débit. Les deux pompes sont satisfaisantes à ce point de vue. La pompe Roper pouvait débiter plus que la pompe Komline-Sanderson pour une même hauteur de refoulement. Les deux ont vu leur débit d'huile de graissage réduit considérablement (plus de 50 p. cent) par rapport au pétrole brut.

TABLEAU 10 FICHE D'ÉVALUATION DE POMPE

Type de pompe: Komline-Sanderson

Date des essais: 21 mars 1979

Température moyenne de l'air  
au cours des essais: 10 °CType d'hydrocarbures: huile de  
graissage (BP EM68ISO)

Viscosité au début des essais: 0,790 Pa.s à 5 °C

Essai	Hau- teur d'aspi- ration (m)	Hauteur de refou- lement (m)	Hau- teur totale (m)	Visco- sité (Pa.s)	Tempé- rature des HC (°C)	Vitesse de la pompe tr/mn	Débit (l/s)	Pres- sion d'aspi- ration (kPa)	Pres- sion de refou- lement (kPa)
A <sub>1</sub>	0,25	3,20	2,95	0,900	4,0		0,52	30,6	75,8
A <sub>2</sub>	0,25	3,20	2,95	0,864	3,9		0,54	30,6	69,0
B <sub>1</sub>	0,25	6,86	6,61	0,820	5,5		0,54	30,6	82,7
B <sub>2</sub>	0,25	6,86	6,61	0,824	6,0		0,53	30,6	82,7
G <sub>1</sub>	-2,29	4,32	6,61	0,710	6,0		0,18	34,0	41,4
G <sub>2</sub>	-2,29	4,32	6,61	0,660	6,3		0,19	34,0	34,5
F <sub>1</sub>	-1,02	2,72	3,74	0,700	7,0		0,42	23,8	48,3
F <sub>2</sub>	-1,02	2,72	3,74	0,660	7,0		0,45	27,2	48,3
E <sub>1</sub>	-1,02	2,72	3,74	0,660	7,3		32 sec. pour s'auto- amorcer		
E <sub>2</sub>	-1,02	2,72	3,74	0,620	7,3		31 sec. pour s'auto- amorcer		
D <sub>1</sub>	0	2,49	2,49	0,587	8,0		0,71	27,2	62,1
D <sub>2</sub>	0	2,49	2,49	0,615	8,0		0,70	27,2	62,1
C <sub>1</sub>	0	0,25	0,25	0,548	8,0		0,75	23,8	55,2
C <sub>2</sub>	0	0,25	0,25	0,538	9,0		0,76	23,8	55,2

ii) Hauteur d'aspiration et amorçage. Les deux pompes ont assuré une hauteur d'aspiration suffisante et se sont bien auto-amorçées. La pompe Komline-Sanderson donnait une meilleure hauteur d'aspiration; toutefois, on pense que le moteur fourni avec la pompe Roper est en grande partie la cause de la différence (voir §6.3.1).

iii) Émulsification. Les tendances à produire une émulsion des deux pompes n'ont pas été étudiées de façon particulière, mais la température et la viscosité des hydrocarbures ont été mesurées à la fin de chaque essai.

TABLEAU 11 RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DE DIVERSES POMPES

	Sensibilité à la viscosité	Aspiration et amorçage	Formation d'émulsions	Tolérance aux débris	Tolérance au froid	Facilité de réparation	Facilité de manutention	Observations
PROGRAMME DE 1979								
POMPES VOLUMÉTRIQUES								
Komline-Sanderson	B	B	B	A	M	M	A	
Roper	B	B	A	M	A	A	B	
PROGRAMME DE 1977								
POMPES VOLUMÉTRIQUES								
Blackmer	B	M	B	M	M	A	M	
Gorman Rupp (à membrane)	B	B	B	A	M	A	B	Régime pulsatoire
Homelite (à membrane)	B	B	B	A	M	A	A	Régime pulsatoire
Megator	B	B	A	M	B	B	B	
Moyno	B	B	B	M	A	M	M	
Rotoking	B	A	A	M	M	B	M	
Sandpiper	B	B	B	A	M	A	M	Compresseur requis
POMPES HYDRODYNAMIQUES								
Gorman Rupp (centrifuge)	A	M	M	B	B	B	B	
Homelite (centrifuge)	B	B	M	A	A	A	B	
Monarch	M	M	M	B	A	P	A	Raccords de tuyauterie peu dispendieux
Spate	B	B	M	M	A	A	A	

B – Bon

A – Acceptable

M – Mauvais

Le réchauffement ou perte de viscosité du liquide est une indication du degré de cisaillement causé par la pompe, cisaillement qui tend à produire des émulsions hydrocarbures-eau.

Avec un fluide très visqueux, la pompe Roper s'est montrée plus susceptible de provoquer le cisaillement que la pompe Komline-Sanderson. Dans le cas du pétrole brut, le comportement des deux pompes a été approximativement similaire.

iv) Comportement avec les déchets solides. La pompe a été évaluée en tenant compte de sa construction et des indications des fabricants.

La pompe Komline-Sanderson qui tolère des débris solides de 1,2 cm est considérée comme supérieure à la pompe Roper, conçue pour véhiculer des fluides propres seulement. Toutefois, ni l'une ni l'autre ne peut véhiculer l'éventail des débris susceptibles d'être présents sur les lieux d'un déversement.

v) Efficacité par temps froid. Elle a été estimée d'après la facilité de vidange complète pour l'entreposage la nuit et la facilité avec laquelle on pouvait la faire fonctionner en portant des gants isolés de caoutchouc.

À cet égard, la pompe Roper l'emporte, mais ni elle ni la pompe Komline-Sanderson n'ont un bouchon de drainage accessible. Comme la pompe Roper ne possède pas de clapet, elle peut être vidangée par écoulement du fluide sous l'action de la gravité. Les clapets de la pompe de Komline-Sanderson rendent la vidange difficile et ont été jugés susceptibles de s'englacer.

vi) Facilité de réparation et de manutention. La pompe Roper s'est révélée supérieure en raison de son faible poids et de la simplicité de son mécanisme d'entraînement.

**6.3.2 Conclusions.** Le présent programme et d'autres programmes antérieurs (Purves et Solsberg, 1978) permettent de tirer certaines conclusions sur l'utilité en général de divers types de pompes dans les cas de déversements d'hydrocarbures.

Il est cependant difficile de comparer l'efficacité des pompes en présence de fluides très visqueux car l'un des fluides que nous avons utilisés est beaucoup plus visqueux que ceux qui ont déjà été utilisés (Purves et Solsberg, 1978).

Il en découle que:

1. les pompes volumétriques sont celles qui conviennent le mieux au nettoyage des hydrocarbures.
2. des pompes volumétriques conçues pour le terrain devraient normalement être choisies lors de l'élaboration de plans d'intervention.
3. les modèles multicellulaires semi-volumétriques sont préférables aux modèles monocellulaires.
4. parmi les pompes examinées, la Megator L150 et la Komline-Sanderson étaient les mieux adaptées au nettoyage consécutif à des déversements accidentels.
5. aucune des pompes examinées ne convenait complètement au nettoyage des hydrocarbures.

## RÉFÉRENCES

Abdelnour, R., W. Wallace et W.F. Purves, "Evaluation of Eight Small Stationary Skimmers", préparé par Arctec Canada Limited, Environnement Canada, EPS 4-EC-78-5, décembre 1977.

Breslin, M.K., "Performance Testing of Oil Mop Zero Relative Velocity Oil Skimmer", présenté au Industrial Environmental Research Lab. par Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc., avril 1978.

Bruch, B., K.R. Maxwell et H.G. Ulbrich, "Engineering Concept Evaluation for High Seas Oil Recovery", Report No. 714103-A-004, Commandant (DAT) USCG Headquarters, Washington, D.C., 1970.

Dunne, M. et W. Wallace, "A Field Evaluation of Seven Oil Spill Recovery Devices, Phase II", préparé par Arctec Canada Limited pour Environnement Canada, EPS 4-EC-77-14, novembre 1976.

Fruman, D. et T. Sundaram, "Evaluation of Pump Emulsification Characteristics", présenté au Naval Ship Engineering Center, NTIS AD-779, 276, février 1974.

Harvey, A., A. Guzdar, et D. Friswell, "Laboratory Evaluation of the Emulsifying Characteristics of Pumps", Report to U.S. Coast Guard, NTIS AD-779, 629, 1973.

Langhaar, H.L., Dimensional Analysis and Theory of Models, John Wiley & Sons Inc., New York, 1951.

Leibovich, S., "Hydrodynamic Problems in Oil Spill Control and Removal", Paper No. 2198, Proc. of Offshore Technology Conf., mai 1975.

Leibovich, S., "Oil Slick Instability and Entrainment Failure of Oil Containment Booms", J. of Fluids Engineering, Transactions of ASME, avril 1976.

Levich, V.G., Physiochemical Hydrodynamics, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1962.

Milgram, J. et R. Griffiths, "Combined Skimmer-Barrier High Seas Oil Recovery System", Proc. of 1977 Oil Spill Conf., New Orleans, 1977.

Purves, W.F. et R. Abdelnour, "The Performance of Weir Skimmers", préparé par Arctec Canada Limited for Environment Canada, mai 1978.

Purves, W.F. et L.B. Solsberg, "Pumps for Oil Spill Cleanup", rapport du Service de la protection de l'environnement, EPS-4-EC-78-3, 1978.

Solsberg, L.B., C.W. Ross, W.J. Logan et M.F. Fingas, "Field Evaluation of Seven Oil Spill Recovery Devices", Environnement Canada, EPS-4-EC-76-3, août 1976.

Stewart, P., "Construction of a Prototype Arctic Offshore Oil Mop Skimmer", Oil Mop Pollution Control Ltd., AMOP Seminar, mars 1979.

Uchida, S., H. Takeshita, et Y. Seike, "Development of Oil Spill Recovery Ships", Proc. of 1977 Oil Spill Conf., New Orleans, 1977.





**ANNEXE A**

**ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DES RÉCUPÉRATEURS À DISQUES**



## ANNEXE A

### Analyse de l'efficacité des récupérateurs à disques

Le fonctionnement des récupérateurs à disques rotatifs comporte plusieurs étapes importantes soulevant chacune un problème précis de mécanique des fluides. Nous traiterons ici un aspect crucial d'une de ces étapes.

Le prélèvement d'une mince tranche de liquide d'un réservoir met en jeu des phénomènes physiques complexes et ne peut faire l'objet d'une analyse mathématique détaillée. Une analyse du prélèvement d'une pellicule de liquide sur une plaque solide dans un réservoir de profondeur infinie contenant un seul liquide a été effectuée par Levich (1962). En raison de la complexité des phénomènes physiques, on ne peut s'attendre à beaucoup plus qu'une analyse dimensionnelle du taux de récupération. Un modèle ainsi élaboré, basé sur un réservoir contenant un seul liquide, a été employé pour estimer le taux de récupération et mettre en corrélation des données relatives à des récupérateurs à disques, et ce avec plus ou moins de succès (Levich, 1962).

Bruch et coll. (1970) se sont servis de l'équation suivante (obtenue par analyse dimensionnelle) pour établir des corrélations entre les données sur le taux de récupération d'hydrocarbures par des disques rotatifs:

$$Q = \frac{\nu \Omega^3 a^5}{g} f \left( \frac{\mu \Omega a}{\sigma}, \frac{\Omega a^2}{\nu}, \frac{\Omega^2 a}{g} \right) \quad (1)$$

où

Q: taux de récupération

$\nu, \mu$ : viscosités cinématique et dynamique du liquide;

$\Omega$ : vitesse de rotation des disques;

a: rayon des disques;

g: accélération due à la pesanteur;

$\sigma$ : tension superficielle du liquide par rapport à l'air; et

f: fonction qui dépend de trois paramètres sans dimension, les nombres de Newton, de Reynolds et de Weber.

Cette équation où la fonction f est supposée constante a donné pour le taux de récupération des valeurs qui concordent avec les résultats des essais aux vitesses assez faibles de rotation des disques, mais des valeurs plus élevées aux vitesses plus élevées. L'inapplicabilité de l'équation (1) peut être due au fait que celle-ci ne tient pas compte de la phase eau et de l'effet d'un nombre de Reynolds croissant.

Les résultats d'essais antérieurs de récupérateurs à disques (Abdelnour et coll., 1977) ont clairement démontré qu'il existe véritablement une relation entre le taux de récupération des hydrocarbures et l'épaisseur de la nappe. Comme l'équation (1) ne tient

pas compte de ce dernier facteur, il est donc évident qu'elle est inadéquate. Par analyse dimensionnelle, l'équation suivante sans dimension incluant comme paramètre l'épaisseur de la nappe (H) a été élaborée:

$$\frac{Q}{h(1-\gamma)\Omega a^2} = f \left( \frac{\Omega^2 a}{g}, \frac{\Omega a^2}{\nu}, \frac{\Omega^2 a^3 \rho_0}{\sigma} \right) \quad (2)$$

Cette équation s'est cependant révélée incorrecte, supposition faite d'une fonction  $f$  constante. Le paramètre qui varie est probablement le nombre de Reynolds  $\Omega a^2/\nu$  puisque la viscosité cinématique  $\nu$  change presque par un ordre de grandeur lorsqu'on passe du combustible diesel au pétrole brut. On a tenté d'établir une corrélation entre la variable sans dimension  $Q$  et le nombre de Reynolds. Cette corrélation n'était pas très bonne en raison notamment de l'insuffisance de données.

Dans l'équation (2), le taux de récupération  $Q$  augmente directement en fonction de la vitesse de rotation jusqu'à un point où  $Q$  devient maximal (voir figure A.1). Au-delà de ce point, les hydrocarbures glissent sur les disques en raison de la vitesse de ces derniers. La vitesse linéaire d'un point se trouvant à une distance  $r$  du centre du disque est  $\Omega r$ . Si au point  $r = r_c$  elle dépasse une vitesse critique  $V_c$ , à  $r > r_c$  les hydrocarbures sont chassés de la surface du disque. Toutefois, même si le rayon du disque est beaucoup plus grand que  $r_c$ , seule la partie du disque ayant un rayon inférieur à  $r_c$  prélèvera des hydrocarbures. Par conséquent, dans le cas d'un disque de rayon  $a > V_c/\Omega$ , l'équation (2) est modifiée de telle sorte que:

$$a^2 \text{ devient } \left( \frac{V_c}{\Omega} \right)^2$$

et

$$\frac{Q}{h(1-\gamma)V_c^2/\Omega} = f \left( \frac{\Omega^2 a}{g}, \frac{\Omega a^2}{\nu}, \frac{\Omega^2 a^3 \rho_0}{\sigma} \right) \quad (3)$$

Pour résoudre le problème, Leibovich (1975) a proposé d'appliquer le concept d'instabilité des nappes d'hydrocarbures retenues par des barrières mécaniques. Ce concept a été élaboré pour expliquer l'entraînement d'hydrocarbures hors d'une barrière lorsque la vitesse d'un courant sous la nappe dépasse une valeur critique. Toutefois, on n'a pas pu obtenir de corrélation entre le critère d'échec d'une barrière à retenir l'huile et les résultats de la présente série d'essais.

La valeur de  $V_c$ , dans ce cas, devra être déterminée par d'autres essais comportant une gamme plus étendue de vitesses des disques. Une fois qu'on a obtenu une bonne estimation de  $V_c$ , le débit de récupération sans dimension  $Q$  peut servir à prévoir la vitesse optimale de fonctionnement. Il est important de souligner que la vitesse à laquelle les hydrocarbures sont continuellement projetés dans l'air au cours de certains essais diffère de celle à laquelle des instabilités de la couche d'hydrocarbures surviennent. Une estimation visuelle de la vitesse optimale est donc impossible.

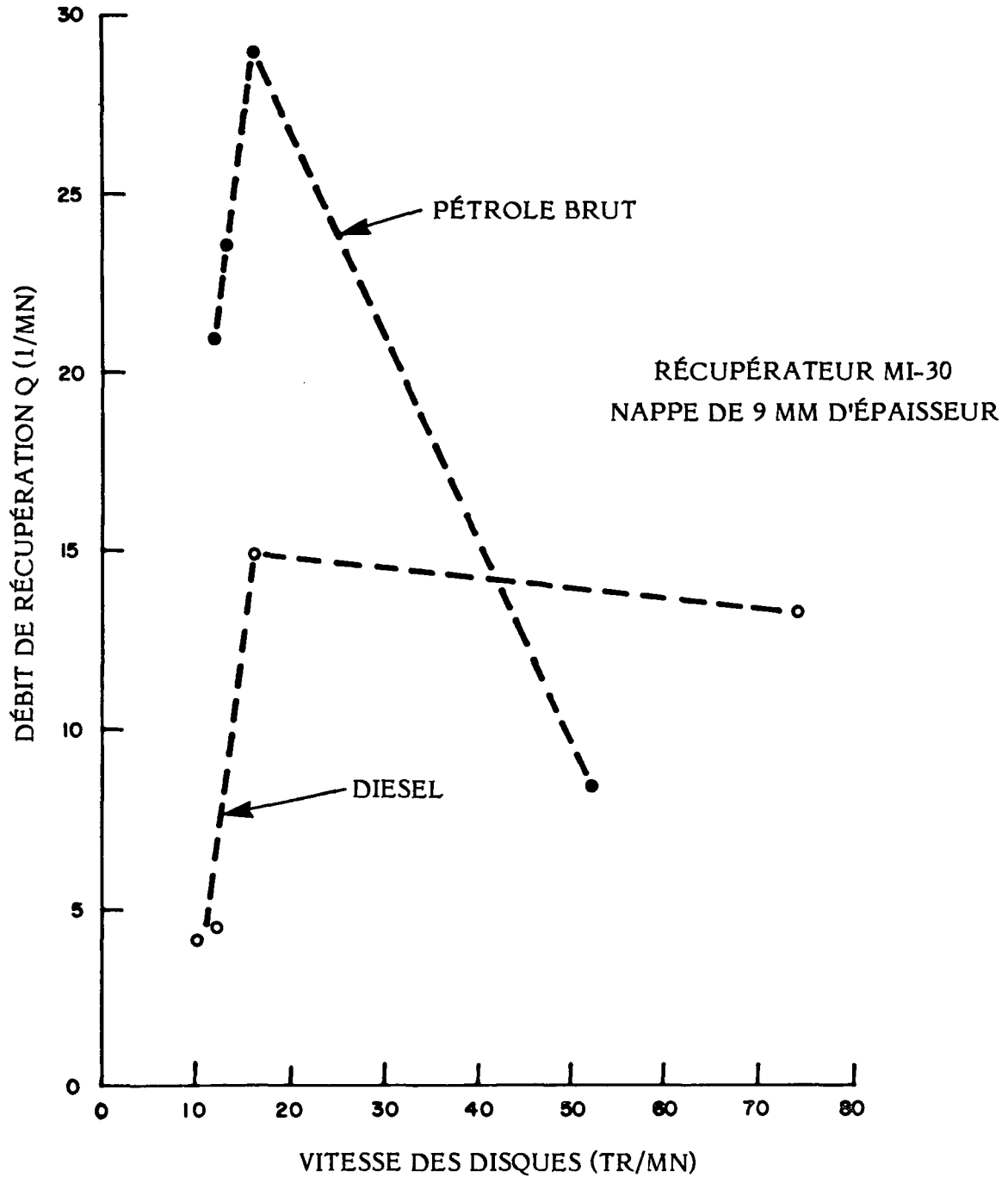


FIGURE A.1 EFFET DU DÉBIT DE RÉCUPÉRATION D'HYDROCARBURES SUR LA VITESSE DES DISQUES



**ANNEXE B**

**EXAMEN DES CARACTÉRISTIQUES DE STABILITÉ DE L'EMBARCATION "SCOOP"  
D'OFFSHORE DEVICES INC.**





## ANNEXE B

### Examen des caractéristiques de stabilité de l'embarcation "Scoop" d'Offshore Dvice Inc.

Il a été jugé nécessaire au cours de l'évaluation du Scoop d'Offshore Devices Inc. d'étudier la stabilité de l'embarcation étant donné que des films d'une submersion et d'un chavirement survenu au cours d'essais antérieurs avaient été examinés. Certains craignaient que les effets de surface libre dus à un séparateur partiellement rempli pourraient avoir facilité le chavirement.

Pour mieux comprendre ce qui suit, voici une définition de termes courants relatifs aux mesures de la stabilité:

- Centre de gravité (CG):** Dans un corps, point fixe d'application de la force résultante des actions de la pesanteur. Supporté par ce point, le corps resterait en équilibre dans toutes les positions.
- Quille:** Pièce longitudinale allant de l'étrave à l'étambot du navire qui forme la partie inférieure de la charpente de la coque.
- Hauteur du centre de gravité au-dessus de la quille (KG):** Distance verticale entre la quille et le centre de gravité.
- Centre longitudinal de gravité (LG):** Point où la masse combinée de toutes les pièces constituant la masse d'un navire est considérée comme concentrée; il est ordinairement indiqué comme étant à l'arrière ou à l'avant du perpendiculaire milieu ou du maître couple.
- Métacentre:** Point d'intersection d'une verticale passant par le centre de gravité du volume de liquide déplacé par un corps flottant, et d'une droite reliant son centre de gravité à celui du volume de liquide déplacé à l'équilibre; un corps flottant est stable lorsque le métacentre se trouve plus haut que son centre de gravité.
- Hauteur du métacentre (GM):** Distance verticale entre le centre de gravité d'un navire et son métacentre pour les inclinaisons transversales ou longitudinales selon le cas. Elle caractérise la stabilité d'un objet flottant; plus elle est élevée plus l'objet est stable. Lorsqu'elle est négative, l'objet est en équilibre instable.

Voici ce que l'étude a permis de déterminer:

1. La stabilité initiale de l'embarcation est suffisante dans les conditions normales d'utilisation (séparateur vide, à moitié plein et plein). La correction de la surface libre à la hauteur métacentrique initiale n'est pas significative si l'on considère seulement le liquide dans le séparateur.
2. La stabilité initiale, évaluée d'après la hauteur métacentrique, diminue d'environ 40 p. cent entre les conditions de "séparateur vide et séparateur plein". Pour le rayon métacentrique, BM est le quotient du moment d'inertie de la surface de flottaison par le déplacement, dans les unités appropriées:

$$BM = \frac{I_{\text{surface de flottaison}}}{V_{\text{déplacement}}} \quad \begin{array}{l} (m^4) \\ (m^3) \end{array}$$

À mesure que le séparateur s'emplit, le déplacement augmente, mais non I surface de flottaison, à cause des parois de l'embarcation. (Si le déplacement était assez élevé pour que la ligne de surimmersion soit atteinte, il y aurait une légère augmentation du moment d'inertie de la surface de flottaison mais ce serait un effet d'importance mineure.) Le rayon métacentrique diminue donc au fur et à mesure du remplissage. De plus, la masse qui s'accumule dans le séparateur augmente de telle façon que le centre vertical de gravité du liquide dans le séparateur se trouve au centre estimatif de gravité de l'embarcation ou au-dessus lorsque le séparateur est plein ou à moitié plein. La hauteur du centre de gravité au-dessus de la quille KG reste constante ou augmente, ce qui entraîne une réduction de la hauteur métacentrique GM qui est également réduite du fait de la diminution de BM.

3. Si le bateau prend de l'eau, soit par la porte avant ou par les plats-bords, le fond large et plat accentue les réductions de la hauteur métacentrique en raison des effets de surface libre, et ces réductions deviennent rapidement importantes quel que soit le mode de fonctionnement.
4. Si l'embarcation se remplit d'eau lorsque le séparateur est plein, elle chavirera. Une meilleure flottabilité est requise aux plats-bords pour contrebalancer l'effet du centre de gravité élevé du séparateur qui est d'environ 28,3 kg par mètre de longueur, sur toute la longueur des plats-bords.

Points à considérer pour l'interprétation de l'évaluation précédente:

1. Il s'agit de calculs approximatifs, mais d'une précision raisonnable. Un plan de formes, une détermination précise de KG pour l'embarcation à vide et une échelle de tirants d'eau établie avec soin n'étaient pas disponibles.
2. La forme de la coque sous l'eau est approximativement rectangulaire. La masse de l'embarcation a été déterminée sur une bascule (celle de la remorque a été estimée puis soustraite); toutefois, le degré de précision requis pour l'évaluation n'est pas le même que pour un essai de stabilité d'un navire.
3. Des poids stabilisateurs ont été placés approximativement au centre longitudinal de gravité de l'embarcation de façon à ne pas induire d'effets dus à une variation de l'assiette.

4. On a pris soin de s'assurer que le séparateur n'avait pas de surface libre à l'inclinaison correspondant au séparateur vide.

Même si la précision de la valeur absolue de quelques-uns des nombres employés est d'environ 15 p. cent, les tendances étaient assez évidentes pour que des conclusions valides puissent être tirées. Nous atténuons nos affirmations pour ne pas donner l'impression qu'une précision de deux décimales a été atteinte: une telle précision n'est pas nécessaire pour ce type d'évaluation, et réaliser l'essai de stabilité avec un tel degré de précision ne serait pas financièrement justifiable.

Même si certaines conclusions énumérées à la première page de l'annexe peuvent soulever certains doutes concernant l'utilité de l'embarcation, il est bon de rappeler que des conclusions similaires seraient tirées pour tout bateau de travail non ponté à fond plat. Les défauts de stabilité ne sont pas particuliers au bateau de 8 mètres d'Offshore Devices; ils sont communs à toute embarcation de forme similaire et ayant les mêmes caractéristiques de fonctionnement (c'est-à-dire entrée facile de l'eau par la porte avant, chute soudaine d'inertie du plan de flottaison lorsque le plat-bord s'enfonce, et une charge correspondant au tiers du déplacement avec un centre de gravité élevé).

Le dispositif de récupération Scoop pourrait être utilisé sur un autre type d'embarcation qui ne présenterait pas les défauts mentionnés plus haut mais cela demanderait des efforts considérables de reconception et ce n'est pas notre intention d'apporter de telles critiques dans le présent rapport. Nous voulions simplement signaler quelques aspects du fonctionnement du dispositif évalué qui nous préoccupent et donner les raisons de cette inquiétude.



**ANNEXE C**

**DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DES HYDROCARBURES**



## ANNEXE C

### Détermination des caractéristiques des hydrocarbures

#### Épaisseur de la nappe

Les couches peu épaisses ont été mesurées au moyen d'un tube de verre ouvert aux deux bouts (diamètre de 5,1 cm). On immergeait le tube et on le faisait remonter verticalement jusqu'à ce que l'extrémité supérieure atteigne la surface. On bouchait alors l'extrémité sous l'eau, retirait le tube de l'eau et mesurait la couche d'hydrocarbures recueillie dans le tube, considérée comme représentative de la couche des hydrocarbures flottants.

#### Teneur en hydrocarbures et en eau

Pour déterminer avec précision la teneur en eau des hydrocarbures recueillis, une centrifugeuse Adams Dynac a été employée.

Vingt-cinq millilitres de benzène ( $C_6H_6$ ) ont été versés dans chaque cylindre gradué mis dans la centrifugeuse. Les bouteilles d'échantillons ont été bien agitées et 25 ml de l'émulsion ont été versés immédiatement dans les cylindres. Après 10 minutes de centrifugation à 2000 tr/mn selon les normes de l'ASTM, les hydrocarbures et le benzène s'étaient combinés tandis que l'eau était descendue au fond du cylindre. Souvent une petite diminution du volume a été constatée en raison de l'évaporation du benzène, de la disparition de bulles d'air et des changements de volume dus à l'extraction par solvant.

D'après le nombre de millilitres d'eau dans le cylindre gradué, on a calculé le pourcentage d'eau dans l'émulsion d'origine. La différence donne le pourcentage d'hydrocarbures qui a été signalé.

#### Mesure de la viscosité

La viscosité du pétrole brut (vénézuélien) et du combustible pour moteur diesel a été mesurée à la température ambiante au moyen des viscomètres de Zahn n<sup>os</sup> 2, 3 et 5. Ceux-ci n'offrent pas une très grande exactitude, mais la répétabilité s'est révélée excellente. Les résultats sont présentés au tableau C.1 (a).

#### Tension superficielle

Des mesures de la tension superficielle entre les hydrocarbures et l'eau et les hydrocarbures et l'air sont importantes pour que les données puissent servir à d'autres analyses dans le futur. La tension superficielle devrait être mesurée juste à la fin d'un essai. Toutefois, lors du présent programme, l'appareillage requis (modèle 21 Tensiomat de Fisher Scientific) n'a pas été disponible avant la fin du programme. Par conséquent, toutes les mesures ont été effectuées lorsque les essais étaient terminés. Les résultats sont présentés au tableau C.1 (b).

TABLEAU C.1 (a) MESURES DE LA VISCOSITÉ

Type d'hydrocarbures	Température (°C)	Viscosité (Pa.s)
Brut	14	0,0225
Diesel	14	0,004

(b) MESURES DE LA TENSION SUPERFICIELLE

Type de test	Température (°C)	Tension superficielle apparente (mN/m)
Eau-air	16,0	75,9 ± 0,07
Brut-air	16,0	30,9 ± 0,12
Brut usé-air	16,0	29,9 ± 0,38
Diesel-air	16,5	29,5 ± 0,62
Diesel usé-air	16,5	30,9 ± 0,15
Eau-brut	15,0	25,4 ± 0,33
Eau-diesel	15,0	31,9 ± 0,88