

Equipements et méthodes de dragage recommandés sur le fleuve Saint-Laurent

Rapport final

Environnement Canada
Centre Saint-Laurent

Juin 1990

Dossier n° 57026

Environnement Canada C & P
Direction de la Protection
1179, rue De Bleury
2e étage
Montréal, Qué. H3B 3H9



LAVALIN ENVIRONNEMENT
SANEXEN

Lavalin

AVIS DE RÉVISION

Le présent rapport a été examiné par le Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Environnement Canada, qui en a autorisé la publication. Cette autorisation ne signifie pas nécessairement que le contenu du rapport reflète les opinions et les politiques du Ministère. Les mentions de marques de commerce ou de produits commerciaux ne signifient en aucun cas que leur utilisation est recommandée.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1.0 INTRODUCTION	1.1
1.1 Contexte	1.1
1.2 Méthodologie	1.7
1.3 Contenu du rapport	1.9
2.0 BILAN DES ACTIVITÉS DE DRAGAGE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT	2.1
2.1 Lieux de dragage	2.1
2.2 Volumes et fréquence des travaux de dragage	2.6
2.3 Intervenants: Répartition des travaux entre les secteurs publics et privés	2.14
2.4 Travaux en prospective	2.15
2.5 Types et capacités des équipements	2.18
2.6 Condition des équipements	2.22
2.7 Contraintes administratives et légales du dragage au Québec	2.23
2.7.1 Aspects administratifs au niveau fédéral	2.23
2.7.2 Aspects légaux au niveau provincial	2.27
2.7.3 Importation et douanes	2.28
2.8 Coût des opérations de dragage.	2.32
2.8.1 Estimation sommaire des coûts de dragage suivant les options de réalisation de projets (en 1981 et en 1985).	2.32
2.8.2 Coûts de dragage pour des projets fictifs (1989 et 1990).	2.34
2.9 Particularités du dragage sur le fleuve Saint-Laurent.	2.44
2.9.1 Législation nautique.	2.44
2.9.2 Particularités naturelles	2.45
3.0 DESCRIPTION DES ÉQUIPEMENTS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL	3.1
3.1 Dragues mécaniques	3.3
3.1.1 Dragues à benne-preneuse ou à grappin à mâchoires	3.14
3.1.2 Dragues à pelle ou à cuiller	3.16

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
3.1.3 Dragues rétrocaveuses flottantes ou amphibies	3.18
3.1.4 Dragues du type dragline	3.22
3.1.5 Dragues à godets	3.23
3.2 Dragues hydrauliques	3.26
3.2.1 Dragues suceuses ou aspiratrices	3.27
3.2.2 Dragues à crépine ou de type "Dustpan"	3.31
3.2.3 Dragues suceuses à désagréateur	3.32
3.2.4 Dragues suceuses porteuses	3.49
3.2.5 Dragues suceuses-porteuses à élinde traînantes	3.61
3.2.6 Dragues à flèche	3.66
3.2.7 Drague suceuse à roues désagréatrices	3.68
3.3 Dragues pneumatiques et spéciales	3.69
3.3.1 Drague "Pneuma"	3.71
3.3.2 Drague à vase "Oozer"	3.76
3.3.3 Systèmes à aspiration (Airlift)	3.78
3.3.4 Dispositif à main ("Hand-held")	3.80
3.3.5 A tarière hélicoïdale ("Refresher")	3.82
3.3.6 Désagréateur à tarière horizontale ("Mudcat")	3.85
3.3.7 Dragues sous-marines (Underwater)	3.88
3.3.8 Drague suceuse de type "Matchbox"	3.89
3.3.9 Dragues sèches ("Waterless")	3.94
3.3.10 Système de nettoyage "Clean-up"	3.95
3.4 Mesures auxiliaires de contrôle des impacts environnementaux	3.96
3.4.1 Devis	3.98
3.4.2 Précision lors de l'activité de dragage	3.100
3.5 Mesures techniques de protection de l'environnement	3.111
3.5.1 Batardeaux	3.111
3.5.2 Ecrans protecteurs	3.111
3.5.3 Chambre vacuum ou équilibare	3.116
3.5.4 Diffuseur submergé	3.118
3.5.5 Tube à trémie	3.119
3.5.6 Dignes submergées	3.119
3.5.7 Autres traitements	3.121

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
4.0 SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS	4.1
4.1 Équipements retenus pour évaluation	4.1
4.2 Évaluation des équipements	4.12
4.2.1 Choix des paramètres de la grille	4.12
4.2.3 Grille d'évaluation et analyse des résultats	4.19
4.2.4 Application de la grille au projet du canal Lachine	4.27
4.3 Méthodologie de sélection pour projets futurs	4.33
5.0 EXEMPLE D'APPLICATIONS DE MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT RÉALISÉES OU SOUHAITABLES DANS LES OPÉRATIONS DE DRAGAGE SUR LE ST-LAURENT	5.1
5.1 Expertise mondiale	5.1
5.1.1 Modifications techniques des équipements	5.1
5.1.2 Modifications administratives des activités de dragage	5.1
5.2 Expertise dans l'est du Canada	5.7
5.3 Améliorations environnementales possibles des équipements actuels au Québec	5.24
6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	6.1
6.1 Synthèse	6.1
6.2 Recommandations	6.4
7.0 GLOSSAIRE	7.1

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
TABEAU 1.1: IMPACTS POTENTIELS DES OPERATIONS DE DRAGAGE (Cité par Bonham 1989)	1.3
TABEAU 2.1: VOLUME DE SEDIMENTS DRAGUES PAR LES PRODUCTEURS FEDERAUX DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT ET LE SAGUENAY	2.7
TABEAU 2.2: VOLUMES DRAGUES PAR LES PROMOTEURS FEDERAUX ET PROVINCIAUX DANS LES ANNEES 1981-88	2.11
TABEAU 2.3: TRAVAUX PUBLICS CANADA, DISTRICT DE QUEBEC PREVISIONS DE DRAGAGE POUR 1989-1990	2.16
TABEAU 2.4: INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS REPERTORIES	2.19
TABEAU 2.5: DISTRIBUTION DES CAPACITES DES DRAGUES A BENNE PRENEUSE ET DES DRAGUES A DESAGREGATEUR.	2.21
TABEAU 2.6: ESTIMATION SOMMAIRE DES COUTS SUIVANT LES OPTIONS DE RÉALISATION DES TRAVAUX (1981)	2.33
TABEAU 2.7: COUTS DE DRAGAGE EN FONCTION DES VOLUMES DRAGUÉS (ÉTÉ 1989)	2.37
TABEAU 3.1: ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ CANADIEN ET MONDIAL	3.2
TABEAU 3.2: NIVEAUX MOYENS DE MATIERES EN SUSPENSION AJUSTÉS, EN mg/l (Palermo et al. 1984)	3.11
TABEAU 3.3: RESUME DES RESULTATS D'ETUDES SUR LES DRAGUES A BENNE PRENEUSE (McLellan et al. 1989)	3.14

LISTE DES TABLEAUX (suite)

	<u>Page</u>
TABEAU 3.4: LES EFFETS D'UNE DRAGUE A BENNE PRENEUSE ET D'UNE DRAGUE SUCEUSE DESAGREGATRICE OPERANT DANS DES SÉDIMENTS A GRANULOMETRIE FINE (Tiré de Raymond, 1984)	3.39
TABEAU 3.5: COMPARAISON DES CONCENTRATIONS DE SOLIDES EN SUSPENSION ENTRE CERTAINES DRAGUES HYDRAULIQUES ET MECANIQUES (Tiré de Hayes 1986)	3.59
TABEAU 3.6: COMPARAISON DE LA REMISE EN SUSPENSION DES SÉDIMENTS GÉNÉRÉE PAR UN SYSTEME DE DÉBORDEMENT CONVENTIONNEL ET PAR "ATOS" (Raymond 1984)	3.62
TABEAU 3.7: COMPARAISON DE LA TURBIDITE GENEREES PAR LE DRAGAGE D'UNE SUCEUSE DESAGREGATRICE ET DU SYSTEME A TARIERE HELICOIDALE (D'après Kaneko et al. 1984)	3.84
TABEAU 3.8: SURFACE DU PANACHE DE TURBIDITE CORRESPONDANT AU CONTOUR DE 10 mg/l POUR LES DRAGUES SUCEUSE DESAGREGATRICE, A BENNE-PRENEUSE, ET MATCHBOX (Tiré de Hayes et al. 1988).	3.93
TABEAU 3.9: NIVEAUX DE REMISE EN SUSPENSION (mg/l) DES DRAGUES DE CONCEPTION JAPONAISE (Herbich et Brahme 1983)	3.97
TABEAU 3.10: PRODUITS DE CONTROLE DE POSITIONNEMENT DU BATEAU DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL	3.102
TABEAU 3.11: INSTRUMENTS DE CONTROLE DES OPÉRATIONS D'EXTRACTION	3.109
TABEAU 3.12: MODE DE DISPOSITION ET D'ANCRAGE DES ECRANS DE PROTECTION (Source: adapté de Barnard 1978)	3.114

LISTE DES TABLEAUX (suite)

	<u>Page</u>
TABEAU 4.1: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DRAGUES MÉCANIQUES, HYDRAULIQUES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE	4.2
TABEAU 4.2: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES MÉCANIQUES	4.3
TABEAU 4.3: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES HYDRAULIQUES	4.5
TABEAU 4.4: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE	4.7
TABEAU 4.5: CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE (Tiré de Hand et al. 1978, cité par S.A.I.C. 1985)	4.9
TABEAU 4.6: COMPARAISON DES APPLICATIONS POSSIBLES DE L'ÉQUIPEMENT DE DRAGAGE EN FONCTION DES CONDITIONS DES SITES DE DRAGAGE (Tiré de Hand et al. 1978, cité par S.A.I.C. et de Phillips et Malek 1984)	4.11
TABEAU 4.7: GRILLE D'APPRÉCIATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE	4.21
TABEAU 4.8: GRILLE D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE	4.25

LISTE DES TABLEAUX (suite)

	<u>Page</u>
TABLEAU 4.9: GRILLE D'EVALUATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPECIALES POUR LE CANAL LACHINE	4.28
TABLEAU 5.1: CAS DE PROJETS DE DRAGAGE DE SÉDIMENTS CONTAMINÉS REALISÉS AUX ÉTATS-UNIS OU AU JAPON	5.2
TABLEAU 5.2: MODIFICATIONS DES ÉQUIPEMENTS ET DES MÉTHODES DE DRAGAGE POUR AMÉLIORER LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE	5.25

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 2.1: IMPORTANCE DES VOLUMES DE DRAGAGE PAR SECTEUR DE FLEUVE	2.8
FIGURE 2.2: ÉVOLUTION DU VOLUME ANNUEL DE DRAGAGE SUR LE FLEUVE	2.13
FIGURE 2.3: PRIX DU DRAGAGE EN 1981	2.35
FIGURE 2.4: COUTS DU DRAGAGE EN FONCTION DES QUANTITÉS (1985).	2.36
FIGURE 2.5: PRIX COMPARATIFS DU DRAGAGE (ÉTÉ 1989) EN FONCTION DU TYPE D'ÉQUIPEMENT ET DU LIEU DE DÉPOT.	2.38
FIGURE 2.6: PRIX COMPARATIFS DU DRAGAGE (mai 1990) EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIEL A EXCAVER, DE LA DISTANCE DE TRANSPORT ET DU LIEU DE DÉPOT (drague hydraulique).	2.43
FIGURE 3.1: DRAGUE A BENNE PRENEUSE ET DRAGUE A CUILLER (Hand et al. 1978)	3.5
FIGURE 3.2: POSITION OUVERTE ET FERMEE D'UN GODET ÉTANCHE DRAGUE A BENNE-PRENEUSE (Barnard 1978)	3.9
FIGURE 3.3: NIVEAU DE M.E.S. MOYENS DANS LES ECHANTILLONS PENDANT LE DRAGAGE A BENNE PRENEUSE (Raymond 1984)	3.12
FIGURE 3.4: QUANTITES DE SEDIMENTS REMIS EN SUSPENSION GENEREES PAR UNE DRAGUE A BENNE PRENEUSE CONVENTIONNELLE ET ÉTANCHE DANS LA RIVIERE ST-JOHNS EN FLORIDE (Tiré de Hayes 1986)	3.13
FIGURE 3.5: DRAGUE A PELLE RETROCAVEUSE ET DRAGLINE	3.19

LISTE DES FIGURES (suite)

	<u>Page</u>
FIGURE 3.6: MÉCANISME HYDRAULIQUE DE FERMETURE SUR UNE DRAGUE RÉTROCAVEUSE	3.21
FIGURE 3.7: DRAGUE A GODETS (Hand et al. 1978)	3.24
FIGURE 3.8: DRAGUE SUCEUSE SIMPLE, DRAGUE DE TYPE "DUSTPAN" ET DRAGUES SUCEUSE DÉSAGREGATRICE	3.28
FIGURE 3.9: RENDEMENT TYPIQUE DE DRAGUES SUCEUSES DÉSAGREGATRICE (m ³ /h) (Tiré de Herbich 1981)	3.34
FIGURE 3.10: DIFFÉRENTES TETES DE LA DRAGUE SUCEUSE DÉSAGRÉGATRICE	3.35
FIGURE 3.11: COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES DE REMISE EN SUSPENSION DES SEDIMENTS (Raymond 1984) . .	3.40
FIGURE 3.12: TECHNIQUES D'AVANCEMENT DE LA DRAGUE SUCEUSE A DÉSAGRÉGATEUR (Barnard 1978)	3.44
FIGURE 3.13A: EFFET DE LA FORME DU DESAGREGATEUR SUR LA HAUTEUR DE SUCCION A PARTIR DU FOND (McLellan et al. 1989)	3.47
FIGURE 3.13B: VUE FRONTALE D'UN DESAGREGATEUR MONTRANT L'ANGLE DE RATISSAGE DE LA DENT (McLellan et al. 1989)	3.47
FIGURE 3.14: TETE A CREPINE MODIFIEE (VANN, 1983)	3.48
FIGURE 3.15: VARIATION DE LA REMISE EN SUSPENSION EN FONCTION DU SENS DE LA ROTATION (Tiré de Palermo et al. 1988)	3.50
FIGURE 3.16: DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE ET DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE A ELINDES TRAINANTES (Hand et al 1978)	3.52

LISTE DES FIGURES (suite)

	<u>Page</u>
FIGURE 3.17: QUANTITES DE SEDIMENTS REMIS EN SUSPENSION APRES LES OPERATIONS DE DRAGAGE D'UNE SUCEUSE PORTEUSE DANS GRAYS HARBOR, AVEC ET SANS SURVERSE	3.55
FIGURE 3.18: NIVEAU MAXIMUM DES CONTOURS DE SStot (mg/l)	3.57
FIGURE 3.19: SCHEMA DU PUIITS A DEBLAIS D'UNE DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE EQUIPEE DU "SYSTEME JAPONAIS ANTI TURUBIDITY OVERFLOW" (ATOS) (Herbich et Brahme 1983)	3.60
FIGURE 3.20: DRAGUE A FLECHE ET DRAGUE A SUCEUSE A ROUES DÉSAGREGATRICES	3.67
FIGURE 3.21: DRAGUES PNEUMA ET OOZER	3.72
FIGURE 3.22: CYCLE D'ASPIRATION ET D'EXPULSION DES SÉDIMENTS PAR UN CYLINDRE DE LA DRAGUE PNEUMA	3.73
FIGURE 3.23: SYSTEME AIRLIFT	3.79
FIGURE 3.24: DISPOSITIFS A MAIN ET SYSTEME REFRESHER . . .	3.81
FIGURE 3.25: DRAGUES MUDCAT ET DRAGUES SOUS-MARINE	3.86
FIGURE 3.26: SYSTEMES DE TYPE "MATCHBOX" ET "CLEAN-UP"	3.90
FIGURE 3.27: SECTION TYPE D'UN ÉCRAN DE PROTECTION (Hand et al., 1978, 1989)	3.113
FIGURE 3.28: ÉCRAN PROTECTEUR AUTOUR DE LA TETE D'ASPIRATION	3.117
FIGURE 3.29: BARGE PORTEUSE ÉQUIPÉE D'UN TUBE A TRÉMIE TÉLESCOPIQUE (Togashi 1981, Bonham 1989)	3.120

LISTE DES FIGURES (suite)

	<u>Page</u>
FIGURE 4.1: COMPARAISON DE LA PERFORMANCE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES ET DE CONCEPTION SPECIALE POUR LE PROJET DU CANAL LACHINE	4.32
FIGURE 4.2: CHEMINEMENT GENERAL D'EVALUATION ET DE SELECTION DES EQUIPEMENTS DE DRAGAGE . . .	4.34
FIGURE 5.1 A: AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL DU BASSIN WINDERMERE PENDANT LES TRAVAUX DE DRAGAGE	5.13
FIGURE 5.1 B: AMÉNAGEMENT FINAL GÉNÉRAL APRES LA FIN DES TRAVAUX DE DRAGAGE	5.13

1.0 INTRODUCTION

1.0 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Pour les besoins d'entretien et de construction des voies navigables commerciales et de plaisance, certaines sections du fleuve Saint-Laurent et du Saguenay font annuellement l'objet d'un dragage atteignant une moyenne d'environ un million de mètres cubes.

Les différents impacts environnementaux des activités de dragage, en excluant le bruit, peuvent se produire:

- à l'excavation de sédiments;
- en cours de transport;
- à l'endroit du dépôt, de confinement ou de traitement.

Il n'existe à l'heure actuelle aucune drague pouvant assurer une perte nulle de matériel à l'excavation. L'excavation produira un minimum d'impacts si:

- Le choix du type de drague est effectué en fonction des conditions spécifiques du chaque projet;
- L'excavation est planifiée et soignée.
- L'opérateur suit l'exécution des travaux à l'aide d'appareils de contrôle.
- Des mesures de mitigation auxiliaires spécifiques tels qu'écrans, etc... sont entreprises.

Les risques liés au transport des sédiments dépendent du mode choisi: pipeline, camion ou barge. Si l'équipement choisi est en bon état technique, il y a moins de risques d'avoir des pertes durant le transport. Un cahier de charges précis, un examen attentif de l'équipement avant le début des travaux et le contrôle durant les travaux sont en mesure de prévenir des pertes accidentelles de matériel dragué.

A l'étape de l'excavation et du transport, les impacts potentiels sont principalement: l'augmentation de la turbidité, de la concentration de la matière en suspension (M.E.S), de la demande biochimique en oxygène (DBO), de contaminants ainsi que la diminution de la teneur en oxygène dissous, des nutriments et des organismes benthiques. Les effets tels que la modification du profil du fond et des régimes de courant découlent aussi des activités d'excavation (Andrassy et Herbich 1987).

D'autres effets, négatifs, se manifestent par une diminution de la photosynthèse, l'interférence sur la respiration des poissons, une diminution de la surface d'habitat pour les poissons, et l'envasement des sites de fraie. Ces impacts sont susceptibles de se produire dans le temps comme le résume le Tableau 1.1.

Les agences gouvernementales émettent des restrictions saisonnières sur les projets de dragage car des recherches récentes se sont penchées sur les conditions qui altèrent les oeufs de poisson une fois pondus dans l'eau. Beaucoup d'oeufs de poissons anadromes (le hareng, l'aloise savoureuse) présentent une distribution verticale telle que ces oeufs se retrouvent soit flottant à la surface, soit demersaux. Ces oeufs flottent le long de la colonne d'eau et sont souvent de nature adhésive (ils sont collés ensemble, ou ils récupèrent les détritiques). D'autres oeufs, par contre, se retrouvent au fond de l'eau. Avec une eau plus turbide, les oeufs de nature adhésive vont accumuler des

TABEAU 1.1: IMPACTS POTENTIELS DES OPERATIONS DE DRAGAGE
(Bonham 1989)

1.3

RÉPERCUSSIONS	NEFASTES	BÉNÉ- FIQUES	COURT TERME	LONG TERME
DIMINUTIONS				
Oxygène dissous	X		X	
Organismes benthiques	X		X	X
AUGMENTATIONS				
DBO	X		X	
Turbidité	X		X	
MES	X		X	
Substances toxiques	X		X	X
Métaux lourds	X		X	
CHANGEMENT				
Interface sédiments-eau	X	X	X	X
Circulation des sédiments	X	X	X	X
Profil du fond	X	X	X	X
Benthos	X	X	X	X

particules de limon et de sédiments à fine granulométrie et couleront. Ces oeufs seront ensevelis. Il s'ensuit la perte d'une classe d'oeufs d'une année, ou d'un segment de cette classe (Doré 1987).

Les solides en suspension interfèrent aussi sur la migration de certaines espèces de poisson. L'interruption de la migration vers les sites de frayères en eau douce peut avoir des effets significatifs sur les espèces de poissons anadromes.

La nécessité apparaît donc d'opérer un dragage séquentiel dans les zones où les ressources fauniques et benthiques seraient susceptibles d'être affectées par la remise en suspension des solides.

Dans le cas de sédiments contaminés les mécanismes de remise en disponibilité des contaminants sont divers. Tout d'abord, la contamination des sédiments provient de l'affinité que les contaminants ont vis-à-vis des particules à granulométrie fine. Ces particules, telles que l'argile et les solides organiques naturels se retrouvent au fond de la plupart des fleuves là où le régime hydrodynamique permet leur dépôt.

Lorsque les sédiments sont brassés, tels qu'ils peuvent l'être lors des opérations de dragage, les contaminants sont relargués dans la colonne d'eau, soit par remise en suspension des solides, soit par dispersion dans l'eau interstitielle, soit par désorption des solides remis en suspension (Raymond 1984).

A l'étape du traitement et/ou la disposition des sédiments il existe aussi des impacts sur l'environnement dépendants de la nature des résidus: propres ou contaminés.

Pour les rejets de sédiments propres, un examen des conditions environnementales s'avère nécessaire pour mettre en évidence les contraintes dans la zone de rejet et les impacts à craindre. Ensuite les résidus propres peuvent être remis dans l'eau aux endroits convenables ou peuvent être utilisés dans les constructions, remblais, aménagements fauniques, etc...

Pour les sédiments contaminés, il n'existe pas présentement sur le marché mondial de dragues capables d'effectuer un traitement complet. La seule drague conçue pour un tel traitement, par les chantiers Orenstein & Koppel (O & K), de Luebeck, en République Fédérale Allemande, n'est qu'au stade de projet.

Il faut donc envisager un traitement particulier pour les sédiments contaminés. Un traitement secondaire, chimique et/ou biologique, peut assurer la décontamination. La destruction ou immobilisation des contaminants est aussi applicable. Ils peuvent être aussi entreposés de façon sécuritaire ("confinés") pour une décontamination ultérieure.

Pour un entreposage terrestre de sédiments contaminés, seul un site prévu à cette fin peut être utilisé. Les lois fédérales et provinciales régissent indirectement les sédiments de dragage par les critères sur les sols contaminés (section 2.10). Plusieurs facteurs entrent en ligne de compte sur la procédure d'entreposage:

- la nature physique des sédiments contaminés: granulométrie et consistance (respectivement ratio solides/liquides ou solides/eau);
- le volume des sédiments;

- la nature et degré de contamination, caractéristiques physiques et chimiques des contaminants par rapport au niveau de toxicité/danger de contamination, santé publique;
- la proximité acceptable des installations pour le traitement, l'emmagasinement et le dépôt;
- les terrains disponibles pour la construction des installations de traitement et de drainage;
- les installations ou possibilités pour effectuer le traitement des eaux résultant du dragage de sédiments contaminés.

Par ailleurs, l'actuel parc de dragues des principales entreprises canadiennes a été constituées avant que les autorités gouvernementales et l'opinion publique ne soient aussi sensibilisées aux problèmes environnementaux provoqués par le dragage. Comme beaucoup de pays, les flottes présentent donc un certain retard technologique, malgré un surplus d'équipement par rapport à la demande. Il convient donc aujourd'hui d'améliorer en tous points la flotte canadienne de dragage.

Jusqu'à présent les études et recherches ont surtout porté sur les effets du déversement des sédiments dragués au lieu de dépôt. Aujourd'hui, on considère aussi la possibilité d'utiliser ou de modifier l'équipement de dragage pour minimiser son impact sur l'environnement, là où les excavations ont lieu.

En effet, pour le Centre Saint-Laurent, les impacts des activités de dragage des sédiments contaminés ou non, sont des sujets de préoccupation de première importance. Un plan d'action a été dressé (Plan d'Action St-Laurent) concernant le développement et l'utilisation de meilleures techniques de dragage pour prévenir

la dégradation et restaurer les sites fédéraux (incluant les milieux humides) affectés par les activités de dragage.

A ce sujet, le gouvernement du Canada entend réévaluer les méthodes de dragage actuellement utilisées au Canada, définir l'état de dégradation des écosystèmes affectés et instaurer une nouvelle politique de gestion des sédiments tenant compte de la sensibilité de l'environnement du fleuve.

C'est dans ce contexte que Lavalin Environnement Inc. en collaboration avec Sanexen a été mandaté par le Centre Saint-Laurent pour inventorier les types d'équipements de dragage actuellement utilisés et disponibles sur le marché canadien et mondial. Un jugement de leurs performances du point de vue environnemental sera aussi posé. L'étape suivante consistera à choisir les meilleurs équipements en regard à leur adaptabilité au contexte des projets de dragage sur le fleuve Saint-Laurent.

1.2 Méthodologie

Selon les termes de référence établis par le Centre Saint-Laurent, la démarche utilisée pour réaliser cette revue des équipements de dragage en fonction des exigences environnementales sur le Saint-Laurent est basée sur deux sources principales d'information:

Recherche bibliographique

La première étape a consisté en une recherche bibliographique exhaustive, sur les caractéristiques techniques et environnementales des dragues disponibles. Les informations obtenues de la banque de données du Centre Saint-Laurent sur les volumes dragués annuellement dans le fleuve et leur localisation ont été incluses.

Contacts et visites

Un portrait sommaire des activités de dragage sur le fleuve et de l'état des équipements disponibles a été obtenu à l'aide d'un questionnaire, de sondages téléphoniques et de rencontres auprès d'organisations actives dans ce domaine et dans l'administration des travaux de dragage.

Les informations obtenues des fabricants et/ou entrepreneurs ont été complétées par des contacts réalisés dans les milieux scientifiques et de recherche, les administrations ou ministères de l'environnement et les utilisateurs ou bénéficiaires des activités de dragage, telles que les administrations portuaires.

Ces informations ont été complétées par des visites de terrain groupées par zones géographiques: le Québec, les provinces Atlantiques, la zone des Grands Lacs et l'Ouest Canadien.

Les principales firmes impliquées dans la fabrication et/ou l'exploitation d'équipement de dragage à travers le monde ont aussi été contactées. De nombreuses données techniques ont été récoltées par correspondance écrite et par conversations téléphoniques concernant les caractéristiques environnementales de l'équipement utilisé actuellement à l'échelle mondiale. Par la suite, des visites aux États-Unis, en France, en Belgique, aux Pays Bas et en République Fédérale Allemande ont permis d'obtenir beaucoup plus d'informations, de vérifier les données transmises précédemment et d'établir des liaisons de collaboration technique et professionnelle qui pourront être maintenues par le Centre Saint-Laurent.

1.3 Contenu du rapport

Par la présente étude le Centre Saint-Laurent vise à identifier l'équipement de dragage le plus performant et de permettre la mise en place de procédures de dragage acceptables en regard des préoccupations environnementales.

Ainsi, la présente étude comprend, dans un premier volet, une revue des activités québécoises de dragage, à savoir: où sont effectués les travaux, quels est leur volume et leur fréquence, qui les exécute, quels sont les travaux en vue dans un proche avenir, quels sont les équipements utilisés, quel est leur état, comment minimisent-ils les impacts sur l'environnement, comment peut-on les rendre plus performants, quelles sont les contraintes administratives à leur application, quelles sont les coûts associés à l'utilisation de ces dragues et quelles sont les caractéristiques du St-Laurent influençant le coût du dragage.

Dans le deuxième volet, on fournit une description générale des impacts environnementaux du dragage et des mesures de mitigation associées. Ensuite les équipements font l'objet d'une analyse technique et environnementale. On construit ainsi la base de la comparaison des équipements. Cette comparaison constitue l'étape déterminante dans le choix optimal de dragues adaptées au contexte québécois.

Le dernier volet présente le bilan comparatif des équipements disponibles sur les marchés nationaux et internationaux à l'aide d'une grille d'évaluation. Certaines dragues sont suggérées sous réserve: A chaque projet correspond une pondération exclusive des critères d'évaluation à lumière de son contexte particulier.

En annexe, présentée dans un document séparé, on présente les rapports des voyages réalisés en Europe, aux Etats-Unis et au Canada, la liste des contacts réalisés durant l'étude et les prospectus obtenus; une bibliographie est annexée ainsi que plusieurs compléments au texte principal.

Tous les inconvénients associés à chaque étapes du dragage n'ont pas été traités dans ce rapport. Principalement, les impacts majeurs lors de l'excavation ont été analysés (la turbidité, les M.E.S. et les risques associés aux sédiments). Les dépôts en berge, le confinement et le traitement des sédiments, soit propres soit contaminés et le traitement des eaux de dragage ont été exclus de cette analyse. Ces sujets ne font pas partie du mandat de la présente étude.

De même, la performance de l'équipement en terme de nuisance sonore pour la faune et les résidents à proximité ne sera pas discutée faute de données ou d'études pertinentes. Dans le cadre des projets de dragage, la pollution par le bruit associée à chaque type d'équipements ne fait pas l'objet de spécification technique particulière en terme de niveau de bruit permmissible sauf les réglementations normales qui limitent les périodes ou les horaires de travail.

Définitions

La turbidité et la concentration de matière en suspension (M.E.S) sont en fait des paramètres indicateurs de la quantité relative de sédiments présents dans l'eau. Le premier fait référence à la réduction de la capacité de transmission de la lumière, mettant en jeu la grosseur, la forme et l'indice de réflexion du matériel en suspension (Raymond 1984). Le limon est principalement responsable de l'apparence turbide de l'eau à proximité des opérations de dragage.

Le second concept correspond à la quantité (en poids) de solides en suspension dans un volume de liquide donné (Andrassy et al. 1987). La dispersion des contaminants pendant les opérations de dragage est plus souvent reliée aux M.E.S. particulièrement des particules à granulométrie fine telle que l'argile et la matière organique. Ainsi, des recherches menées par Fulk, Gruber et Wullschleger (1975, cité par Raymond 1984) ont montré que tous les contaminants relargués proviennent de la remise en suspension des solides. Ils mentionnent aussi que la diminution de la concentration des solides en suspension provenant de la décantation résulte en une diminution des concentrations de contaminants.

Les concepts de turbidité et de M.E.S. sont souvent utilisés sans distinction dans la littérature. De même, les sections qui suivent utiliseront ces deux caractéristiques physiques pour décrire la même réalité: la présence de sédiments en suspension dans l'eau.

Le dragage n'est pas la seule activité à soulever des particules. Il existe plusieurs phénomènes naturels et entropiques qui augmentent significativement la turbidité de l'eau. Ce sont les courants, les vagues, les marées, les tempêtes, les flux d'énergie saisonniers, la circulation maritime, les activités de pêche et autres.

Par ailleurs, certains auteurs, cités par Herbich et Brahme (1983), ont montré que la charge des solides en suspension aux alentours d'une drague est au moins d'un ordre de grandeur plus grande que celle produite par les courants, les vents forts, l'action des vagues, et la circulation maritime.

2.0 BILAN DES ACTIVITES DE DRAGAGE
SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT

2.0 BILAN DES ACTIVITES DE DRAGAGE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT

2.1 Lieux de dragage

Le fleuve Saint-Laurent a joué un rôle capital dans le développement socio-économique de l'est du Canada et, de nos jours, cette voie navigable de plusieurs milliers de kilomètres de longueur est devenue un facteur de développement commercial industriel, touristique et récréatif de premier plan. Conjointement à ces activités, plusieurs municipalités riveraines se sont développées le long du fleuve qui constitue, en plus d'une source d'approvisionnement en eau potable, un milieu naturel d'une valeur inestimable pour la villégiature, la baignade, la navigation de plaisance, la pêche, etc.

Toutefois, cet essor industriel et démographique considérable a été accompagné d'une augmentation importante des rejets industriels, municipaux et agricoles ainsi que de nombreuses modifications des berges et du lit fluvial.

Très tôt, le chenal naturel du Saint-Laurent s'est avéré trop peu profond en certains endroits pour permettre le passage des navires dont le tirant d'eau augmentait constamment.

Les premiers travaux de dragage dans les divers ports du Saint-Laurent ont dû être effectués au tout début du siècle. La première drague affectée au fleuve Saint-Laurent, la DPW 130, a été construite en 1911. Bien qu'aucune statistique sur les projets de dragage exécutés à l'époque ne soit accessible, il est raisonnable de croire que cette drague effectuait le dragage d'agrandissement et d'entretien des ports de Sorel, Trois-Rivières et Québec.

Mise à part la navigation sur la rivière Richelieu qui servait de lien entre le Saint-Laurent et l'état de New-York, en passant par le Lac Champlain, la plupart des autres projets de dragage consistait à maintenir l'accès et l'abri aux bateaux des pêcheurs établis dans la région avoisinante du Lac Saint-Pierre.

En réalité, la période des grands travaux de dragage dans la province de Québec a débuté après la deuxième guerre mondiale.

Depuis les années 1946-1950, le Chenal maritime (Québec/Montréal) a été dragué et maintenu à 10,7 m de profondeur sur 244 m de largeur. La Voie maritime (Montréal/Grands Lacs) a été construite dans les années 1955-1960 et maintenue opérationnelle à 8,3 m de profondeur. Tous ces grands travaux étaient sous la juridiction du ministère des Transports du Canada.

L'objectif principal de la construction de la Voie maritime a été de donner aux barges des Grands Lacs chargées de céréales, un accès aux silos de transbordement situés dans les ports du Saint-Laurent, lesquels sont accessibles à l'année longue aux navires océaniques. Dans le même temps, ces barges pouvaient retourner dans les ports des Grands Lacs chargées de minéral de fer provenant des mines du Nord québécois.

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale et jusqu'à ce jour, les statistiques connues font état des projets principaux de dragage d'entretien suivants:

RIVIERES ET CHENAUX

Rivière Richelieu
Batiscan (chenal)
Chenal de Berthier
Rivière Beaudette

Traverse Cap-Santé/Sainte-Croix
Rivière Saint-Maurice
Chenal de Grande-Bergeronnes
Rivière Saint-François

Chenal Tardif	Rivière Saguenay (Chicoutimi)
Rivière Yamachiche	Chenal d'accès au port de Rimouski
Rivière Maskinongé	Rivière Nicolet
Rivière Pentecôte	Traverse Nord (Ile d'Orléans)
Grande-Rivière-du-Loup (Louiseville)	

PRINCIPAUX HAVRES SITUÉS DANS LE FLEUVE ET LE GOLFE SAINT-LAURENT
DRAGUÉS ANNUELLEMENT OU PÉRIODIQUEMENT

Port de Montréal	Sorel
Trois-Rivières	Contrecoeur
Batiscan	Portneuf
Port de Québec	Cales sèches (Lorne et Champlain)
Ile-aux-Coudres	Saint-François (Ile d'Orléans)
Ile-aux-Grues	Les Eboulements
Pointe-au-Pic	Cap-à-l'Aigle
Saint-Siméon	Les Escoumins
Baie Sainte-Catherine	Tadoussac
Forestville	Baie Comeau
Godbout	Sept-Iles
Rivière-au-Tonnerre	Havre Saint-Pierre
Rivière-du-Loup	Rimouski
Les Méchins	Gros Cacouna
Gascons	Cloridorme
L'Anse-à-Valleau	Rivière-aux-Renards
Grande-Vallée	Marsoui
Matane	Sainte-Flavie

PRINCIPAUX HAVRES SITUÉS DANS LA PÉNINSULE GASPÉSIENNE ET AUX
ILES-DE-LA-MADELEINE DRAGUÉS ANNUELLEMENT ET PÉRIODIQUEMENT

Gaspé	Anse-à-Beaufils
Newport Point	Rivière-aux-Renards
Tourelle	Sainte-Thérèse de Gaspé

Grande-Rivière	Carleton
Paspébiac	Miguasha
Cap-aux-Meules	Havre Aubert
Ile d'Entrée	Millierand
Etang-du-Nord	

Depuis les années 1980, la plupart des projets de dragage dans les rivières ont été discontinués, à l'exception de l'embouchure des rivières Richelieu, Nicolet et de la Grande-Rivière-du-Loup. Tous ces projets, visent à permettre et à garder sécuritaire la navigation dans les cours d'eau balisés par le ministère des Transports du Canada.

Le dragage dans les havres vise la plupart du temps à maintenir ou à augmenter la profondeur d'eau. Parfois, le dragage est nécessaire pour redimensionner les bassins de tournage afin de donner accès à des plus gros bateaux commerciaux.

Tous les projets de dragage dans le chenal de la Voie maritime consistent à enlever le matériel déposé lors de débâcle printanière.

Le déversement des résidus de dragage est permis dans certaines aires spécifiques délimitées et approuvées par Transports Canada. Les aires de déversement sont localisées sur toutes les cartes marines délimitant le fleuve et la Voie maritime du Saint-Laurent.

Les projets de dragage du chenal maritime sur base annuelle sont: Traverse Nord/Cap-Santé et plusieurs hauts fonds dans différents secteurs de la voie navigable du lac Saint-Pierre. Les travaux de dragage à Batiscan et à Contrecoeur sont des projets périodiques échelonnés sur 2 ou 4 ans. La siltation est mesurée lors des sondages annuels exécutés par le ministère des Transports du

Canada sur toute la longueur du chenal navigable. Aucune mesure particulière pour réduire les matières en suspension n'est utilisée.

Aux projets énumérés s'ajoutent les travaux exécutés par l'industrie privée, les corporations nautiques (réseaux de marinas construites pour Québec 84), les Ports nationaux ainsi qu'un nombre considérable de projets mineurs exécutés annuellement en Gaspésie et aux Iles-de-la-Madeleine.

Tous les travaux de dragage d'entretien effectués jusqu'à ce jour par Travaux publics Canada, soit avec son propre équipement ou par l'entremise de l'industrie privée, ont été exécutés dans des aires considérées non contaminées ou très faiblement contaminées à quelques exceptions près.

Mis à part les ports de Montréal, Trois-Rivières et Québec, sous juridiction du conseil des Ports nationaux, les secteurs contaminés sont les havres de Saint-François - Ile d'Orléans (dragage d'entretien annuel) et le port de Sorel (dragage périodique à tous les 4 ans). Leurs déblais, faiblement contaminés, ont été déversés dans des aires approuvées et en prenant les précautions nécessaires. Toutefois, les politiques actuelles du ministère ne permettraient plus que de tels déversements puissent avoir lieu aujourd'hui. Ces méthodes devront faire place à l'application des mesures de confinement ou traitement permettant de réduire la diffusion des polluants dans l'environnement.

Le dragage est donc une activité intimement liée au transport fluvial ou maritime. Cette activité est nécessaire pour l'entretien des sections du chenal et plus encore pour la construction de nouvelles infrastructures et le maintien des accès aux quais et aux marinas.

2.2 Volumes et fréquence des travaux de dragage

D'après les données inscrites dans la banque informatisée du Centre Saint-Laurent, le volume total de sédiments dragués dans le fleuve par les promoteurs fédéraux durant la période de 1977-1988, représente quelque 10,3 millions de mètres cubes, soit une moyenne de quelque 855 000 m³/année.

Les volumes annuels dragués par secteurs du fleuve et le volume total de la période apparaissent au Tableau 2.1. Le fleuve a été séparé en 16 secteurs (A à P qui sont indiqués à la Figure 2.1.

Dans certains secteurs (J, K, L, M) le dragage est pratiqué chaque année. Pour les secteurs C, D et E aucun dragage n'a été effectué entre 1977 et 1988, alors que dans d'autres secteurs le dragage a été réalisé sporadiquement (A, B, F, G, P). La moyenne du volume dragué annuellement figure au bas du Tableau 2.1.

Pour le Lac des Deux Montagnes (A) le volume dragué en 1980, représente le seul en 12 ans. Les dragages réalisés aux Iles-de-la-Madeleine (M) durant les années 1980-81, représentent plus de 82% de l'ensemble du volume réalisé en 12 ans.

Comme ces travaux ponctuels ont une grande influence sur les valeurs moyennes, on croit pouvoir les éliminer du calcul. En ce cas, le volume moyen arrondi pour l'ensemble du fleuve s'élève à environ 600 000 m³/an (voir la dernière ligne et la note du Tableau 2.1).

Certains secteurs ont une moyenne annuelle dépassant les 100 000 m³/année comme le secteur "I" qui s'étend depuis le Cap-Rouge jusqu'à Montmagny et Beupré inclusivement (104 100 m³/année).

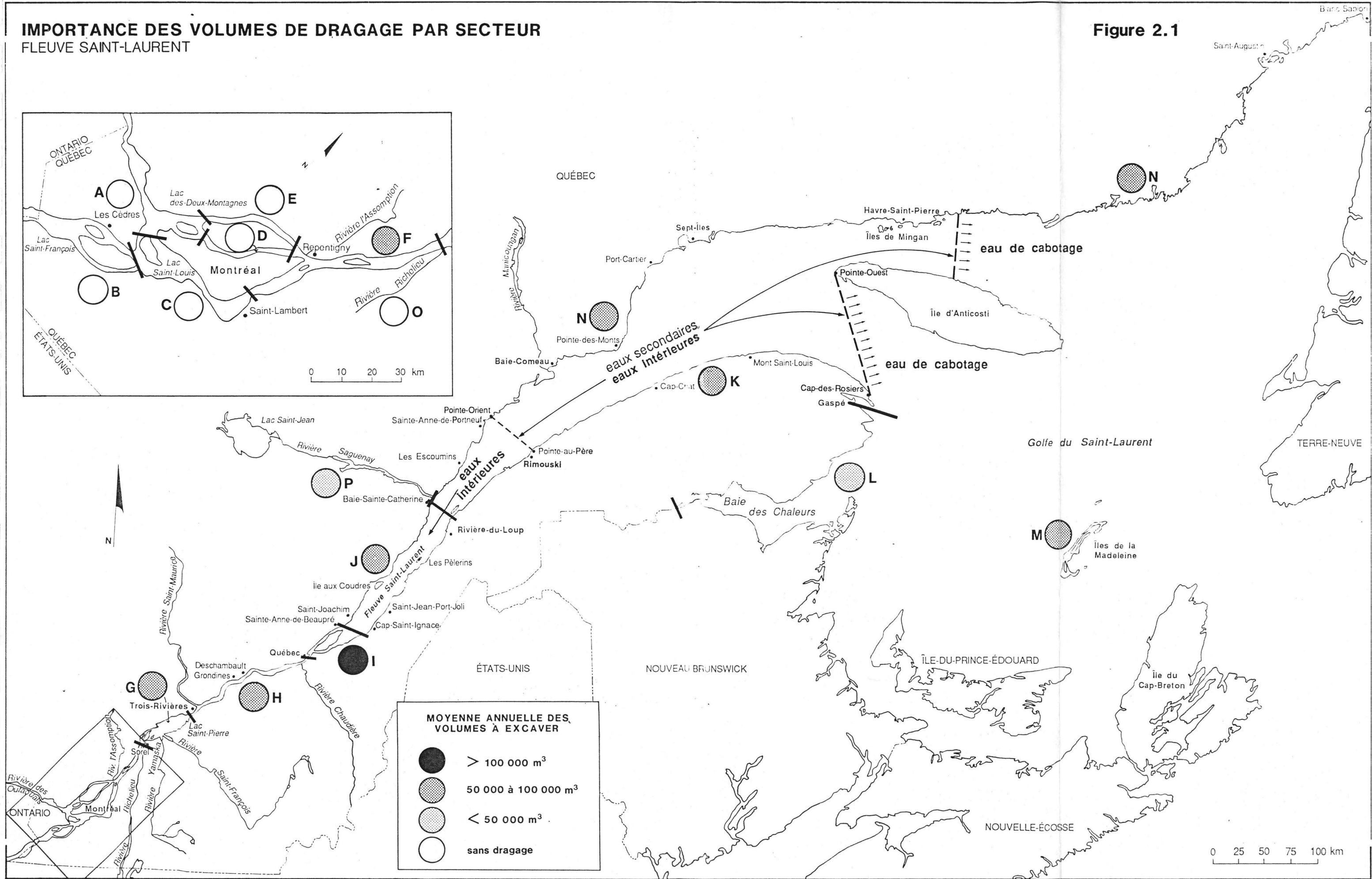
TABLEAU 2.1: VOLUME DE SEDIMENTS DRAGUES PAR LES PRODUCTEURS FEDERAUX DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT ET LE SAGUENAY (m³)

SECTEUR - ANNEE ↓	A	B	C-D-E-	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	TOTAL
1977	-	-	-	4 500	646 000	7 600	14 491	82 270	124 075	9 545	3 300	22 914	-	914 695
1978	-	6 570	-	-	101 000	214 075	7 700	68 810	74 204	8 750	6 000	50 500	142 974	680 804
1979	-	-	-	-	68 500	98 980	179 245	54 660	55 960	13 550	4 950	92 785	-	568 630
1980	402 336	-	-	16 819	-	51 831	187 195	86 540	60 495	25 481	1 640 472	31 685	-	2 502 854
1981	-	-	-	4 200	46 500	36 000	121 850	65 970	70 691	40 099	1 214 267	41 625	6 300	1 647 502
1982	-	-	-	-	-	76 070	147 115	73 690	215 088	44 788	255 861	-	35 000	847 612
1983	-	-	-	6 000	-	86 280	174 703	152 620	168 550	50 216	75 737	114 930	-	829 036
1984	-	-	-	-	-	25 940	114 895	78 103	172 175	36 352	104 353	109 155	-	640 973
1985	-	-	-	-	-	-	-	39 070	43 445	69 198	92 291	102 915	-	346 919
1986	-	-	-	13 000	-	59 100	126 835	37 925	68 580	53 090	40 039	550	-	399 119
1987	-	-	-	13 000	12 335	91 230	90 170	75 855	28 705	38 961	32 440	-	-	382 696
1988	-	-	-	4 120	112 684	36 406	84 433	61 568	61 848	2 300	6 500	130 412	-	500 271
TOTAL	402 336	6 570	-	61 639	987 240	783 512	1 248 632	877 081	1 143 816	392 330	3 476 210	697 471	184 274	10 261 111
MOYENNE ARRONDIE	(1) 33 500	500	-	5 100	82 300	65 300	104 100	73 100	95 300	32 700	(1) 289 700	58 100	15 400	(1) 855 100
VALEUR CORRIGÉE	-	-	-	5 100	82 300	65 300	104 100	73 100	95 300	32 700	55 000	58 100	15 400	586 400
													ARRONDI	600 000

(1) Pour avoir une bonne image des volumes moyens, on croit pouvoir éliminer certains travaux ponctuels, comme ceux réalisés en 1980 sur le lac des Deux Montagnes et en 1980 et 81 aux Iles-de-la-Madeleine. En ce cas, la moyenne arrondie du secteur "A" devient nulle (zéro) et celle du secteur "M" sera de quelque 50 000 m³. Dans cette hypothèse, la moyenne annuelle arrondie pour l'ensemble du fleuve sera de quelque 586 400 m³/année ou autour de 600 000 m³/année. Elle a été inscrite comme une valeur corrigée.

IMPORTANCE DES VOLUMES DE DRAGAGE PAR SECTEUR
FLEUVE SAINT-LAURENT

Figure 2.1



La catégorie suivante comporte des volumes annuels entre 50 000 et 100 000 m³/année:

- le secteur "M", des Iles-de-la-Madeleine (moyenne corrigée de 55 000 m³/année si on ne tient pas compte des travaux ponctuel);
- le secteur "K" situé entre l'Isle Verte et Gaspé inclusivement sur la rive droite du fleuve (95 300 m³/année);
- le secteur "G" situé entre les Iles de Berthier et le Lac Saint-Pierre jusqu'à Pointe-du-Lac et Rivière Nicolet inclusivement (82 300 m³/année);
- le secteur "J" situé entre Montmagny et l'Isle Verte et de Beaupré au Saguenay inclusivement (73 100 m³/année);
- le secteur "H" situé entre la Pointe-du-Lac et Rivière Nicolet-jusqu'à Cap-Rouge inclusivement (65 300 m³/année);
- le secteur "N" situé entre Saguenay, jusqu'à Blanc Sablon inclusivement et l'Ile d'Anticosti (58 100 m³/année).

La dernière catégorie inclut les secteurs où l'activité de dragage implique un volume de 500 à 50 000 m³/année:

- le secteur "L" situé entre Gaspé et Pointe-à-la-Garde (32 700 m³/année);
- le secteur "P" est la Rivière Saguenay (15 400 m³/année);
- le secteur "F" situé entre le Pont Victoria et jusqu'à l'Ile au Foin, incluant tout le Port de Montréal (5 100 m³/année)

- le secteur "B" comprenant le Lac Saint-François, depuis Cornwall et jusqu'au barrage de Pointe-des-Cascades, incluant le Canal de Beauharnois.

Enfin dans trois secteurs comprenant le Lac Saint-Louis à partir du barrage de Pointe-des-Cascades incluant le canal Lachine et le bassin de Laprairie jusqu'au pont Victoria (C), la Rivière-des-Prairies (D) et la Rivière des Mille-Iles (E) les promoteurs fédéraux n'ont exécuté aucun travail de dragage durant les derniers 12 ans. Le secteur "A", comprenant le Lac des Deux-Montagnes de la frontière ontarienne et jusqu'à l'entrée des rivières des Prairies et des Mille-Iles peut être considéré comme tel si on ne tient pas compte d'un travail ponctuel réalisé en 1980.

Ces quatre catégories ont été inscrites à la Figure 2.1 pour mieux visualiser l'importance des secteurs du point de vue des volumes annuels moyens de dragage.

Outre les promoteurs fédéraux, les promoteurs provinciaux réalisent aussi des travaux de dragage. Malheureusement la liste des travaux sous la responsabilité du gouvernement provincial en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement, est incomplète et peu fiable.

Ces volumes dragués sous juridiction provinciale sont reportés au Tableau 2.2 en parallèle avec les volumes réalisés par les promoteurs fédéraux pour l'ensemble des secteurs du fleuve (A à P) sur la période 1977-1988. Ainsi, l'ordre de grandeur du volume total dragué durant cette période est obtenu (environ 750 000 m³/an dans l'hypothèse si on ne tient pas compte des travaux ponctuels).

TABEAU 2.2: VOLUMES DRAGUÉS PAR LES PROMOTEURS FÉDÉRAUX ET PROVINCIAUX DANS LES ANNÉES 1981-88

ANNÉE	VOLUMES (1) en m ³			VOLUMES RELATIFS DES PROMOTEURS PROVINCIAUX (%)
	TOTAL DRAGUÉ	PROMOTEURS FÉDÉRAUX	PROMOTEURS PROVINCIAUX	
1981	1 757 500 (2)	1 647 500 (3)	110 000	6,3
1982	1 039 600	847 600	192 000	18,5
1983	1 582 000	829 000	693 000	45,5
1984	718 000	641 000	77 000	10,7
1985	428 000	347 000	81 000	18,9
1986	420 100	399 100	21 000	5,0
1987	420 700	382 700	38 000	9,0
1988	818 300	500 300	318 000 (4)	38,9
TOTAL	7 124 200 (5)	5 594 200 (6)	1 530 000	21,5
MOYENNE	890 525	699 275	191 250	-
MOYENNE CORRIGÉE (7)	750 650	551 775	191 250	-

(1) Valeurs arrondies

(2) (3) Deviennent respectivement 577 500 m³ et 467 500 m³ si on ne tient pas compte des travaux ponctuels aux Iles-de-la-Madeleine.

(4) Valeur partielle

(5) (6) Deviennent respectivement 6 005 200 m³ et 4 414 200 m³ selon l'hypothèse formulée pour (2) et (3).

(7) Moyennes issues des volumes dragués sans l'évènement ponctuel des Iles-de-la-Madeleine en 1981.

On constate que l'apport des promoteurs provinciaux est très variable (entre 5 et 45%) avec une moyenne d'environ 20 % des volumes totaux à draguer. La moyenne des volumes dragués par les promoteurs fédéraux durant cette période est de quelque 500 000 m³/année, toujours dans l'hypothèse qu'on élimine les travaux ponctuels.

La répartition du volume dragué par les promoteurs provinciaux par secteur du fleuve n'est pas disponible. La répartition des activités fédérales a servi alors à estimer la distribution provinciale par secteur. Toutefois la répartition des volumes dragués est probablement faussée à Québec et en aval lorsqu'évaluée par secteur à cause de l'activité des compagnies privées.

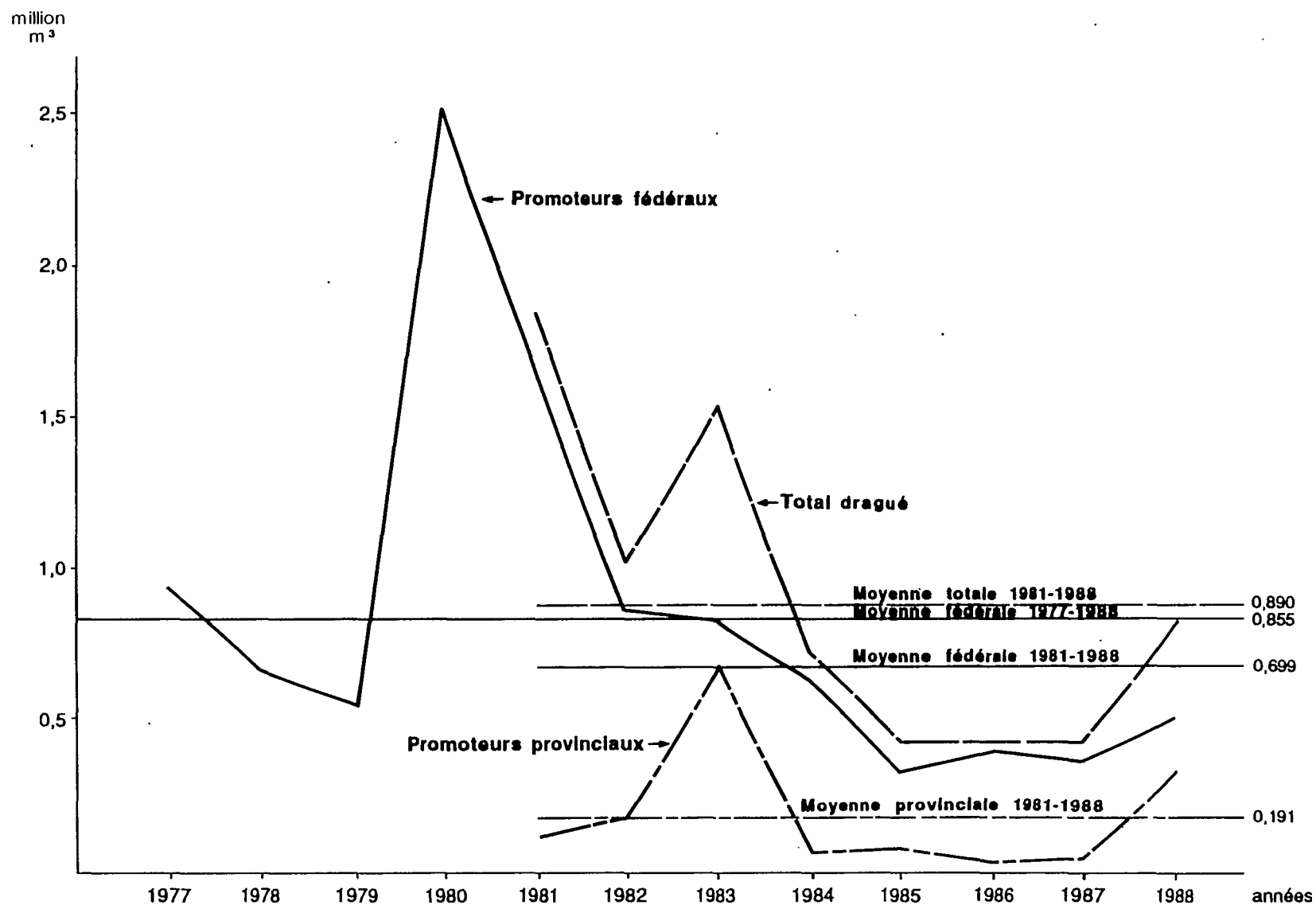
La Figure 2.2 décrit l'évolution annuelle du volume de dragage sur le fleuve Saint-Laurent pour les activités des promoteurs fédéraux, provinciaux et pour le total, avec la moyenne pour chacun sur la période 1981-88.

Par ailleurs, certains travaux, sous l'initiative d'entreprises privées, ont été réalisés dans des sédiments contaminés; par exemple:

- 150 000 m³ contaminés par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), par du cadmium et de l'arsenic ont été dragués durant les travaux d'agrandissement du quai Murphy à Lauzon (1987-89);
- les dragages effectués en 1982 et 1985 à Baie Comeau dans des sédiments contenant des HAP, des biphényles polychlorés (BPC), des huiles et graisses et des matériaux organiques;

ÉVOLUTION DU VOLUME ANNUEL DE DRAGAGE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT

Figure 2.2



- le dragage d'un volume de quelque 20 000 m³ qui doit être effectué par la compagnie Daishowa (anciennement Reed Paper) à Québec à tous les trois ans dans des sédiments contaminés par des HAP, des BPC, du plomb et du zinc.

Il n'est pas possible actuellement de calculer la part qui revient aux sédiments contaminés dans le volume total de matériel dragué, mais on croit pouvoir l'estimer à quelque 20 %.

2.3 Intervenants: Répartition des travaux entre les secteurs publics et privés

Les projets de dragage fédéraux dans la province de Québec sont répartis dans une proportion 45/55 approximativement entre Travaux publics Canada et l'industrie privée. En principe, tous les projets d'entretien de faible importance sont effectués par les dragues du ministère (dragues D.P.W. 125, 128 et 129) en Gaspésie et aux Iles-de-la-Madeleine; la drague D.P.W. 130 exécute plusieurs travaux d'entretien des havres et chenaux sous juridiction fédérale situés entre Sorel et Matane. Très rarement, un projet de dragage de roc ou d'entretien de moyenne ou grande envergure est effectué par la drague D.P.W. 130. On fait plutôt appel à l'industrie privée dans ces cas. Les sites principaux où l'industrie privée exécute du dragage d'entretien depuis plusieurs années sont les suivants:

Rivière Saguenay (Chicoutimi)

Chenal d'accès au port de Rimouski

Chenal d'accès au port de Cap-aux-Meules (I.M.)

Port de Sorel (bassin du traversier)

Traverse Nord/Ile d'Orléans (chenal maritime)

Traverse Cap-Santé/Sainte-Croix (chenal maritime)

Rivière Richelieu

Rivière Nicolet

Rivière Saint-François

Chenal Tardif

Rivière Saint-Maurice
Batiscan (chenal maritime)

Havre Aubert (I.M.)
Grande Rivière-du-Loup

Les ports de Québec, Montréal, Trois-Rivières et une partie du Havre de Sept-Iles ne font pas partie du programme de Travaux publics Canada étant sous juridiction autonome du "Conseil des ports nationaux".

Malgré cette répartition de principe, le pourcentage indiqué au début de ce chapitre démontre que le ministère, propriétaire d'un parc de dragues très réduit, retient le plus grand volume à draguer, pour assurer une activité continue à ses équipements. En réalité l'entreprise privée ne reçoit que ce qui reste. De là résulte un décalage encore plus grand entre les dotations en équipement des entreprises privées et le volume disponible à draguer.

2.4 Travaux en prospective

En ce qui concerne les promoteurs fédéraux, une première estimation à courte échéance a été faite par Travaux Publics Canada, District de Québec, au printemps 1989 pour un volume total de quelque 280 000 m³ pour les années 1989-90 (voir Tableau 2.3). On constate que le volume est assez faible.

A plus longue échéance on note plusieurs projets de dragage concernant spécifiquement le travail dans les sédiments contaminés comme par exemple:

- la décontamination du Canal de Lachine, avec un volume estimé à quelque 450 000 m³ sédiments contaminés;
- la décontamination du Port de Montréal, avec un volume estimé à quelque 250 000 m³ sédiments contaminés.

TABEAU 2.3: TRAVAUX PUBLICS CANADA, DISTRICT DE QUEBEC
PREVISIONS DE DRAGAGE POUR 1989-1990

LOCALISATION	CLIENT	VOLUME m ³
1. Prévisions de dragage 1989-1990		
Traverse Nord	-	77 000
Cap Santé	-	6 000
Rivière Saguenay	-	2 000
Bécancour	-	15 000
Cap-de-la-Madeleine		
Saint-François	-	7 200
Ile-aux-Grues	-	7 000
Ile-aux-Coudres	-	6 600
Saint-Joseph-de-la-Rive	-	3 850
Rivière-du-loup	-	40 600
Rimouski	-	15 000
Matane	-	16 000
Portneuf	-	10 000
Cacouna	-	2 000
TOTAL PARTIEL 1		208 250
2. Dragage à contrat ou location		
Anse à Brillant		3 000
Cap-Chat Rivière		3 500
Cloridorme Est		1 500
Grande Vallée		2 500
Gascons (Anse à la Barbe)		1 500
Marsoui		3 000
Newport (Rivière des Ilots)		1 500
Petite Vallée		1 500
Rivière-à-Claude		3 500
Rivière-à-Martre		1 500
Ruisseau Leblanc		5 000
Carleton		1 500
Matane		16 000
Rimouski		15 000
Grosse Ile		3 000
Millerand		6 000
Old Harry		2 000
Pointe-au-Loup		500
TOTAL PARTIEL 2		72 000
TOTAL 1 + 2		280 250

L'entretien du chenal maritime, la décontamination du Port de Québec, du Port de Trois-Rivières, et de beaucoup d'autres endroits s'ajoutent à la liste des travaux fédéraux.

Plusieurs dragages sont aussi envisagés au niveau provincial, concernant certaines opérations d'excavations dans les ports de plaisance, des sorties en rivière pour émissaires et collecteurs d'eaux usées, etc. Leurs volumes sont difficiles à estimer, comme d'ailleurs la date exacte de leur exécution, sauf peut être pour certains travaux d'entretien périodiques (la compagnie Daishowa à Québec ou la compagnie Iron Ore Company de Sept-Iles) où les volumes et l'échéancier sont bien connus d'avance.

Malgré toutes ces inconnues, une croissance du pourcentage des sédiments contaminés dans le volume total des matériaux à draguer est à envisager. En effet, on distinguera à l'avenir deux types de travaux de dragage: les matériaux dragués pour assurer la navigation et les matériaux dragués dans le but de restaurer des secteurs.

Dans le cas de dragages de navigation, on peut espérer une diminution de la quantité des matériaux contaminés, tout au moins à moyen terme. Dans le cas de dragage de restauration, il y aura forcément une augmentation des matériaux contaminés à courts et à moyen terme mais on peut croire que les zones restaurées ne seront pas recontaminées ultérieurement. Donc, à moyen et à long terme, les dragages de restauration n'auront plus raison d'être.

De plus, puisque tout dragage peut avoir un impact, plus ou moins important sur l'environnement, dans les années à venir la préoccupation pour réduire l'effet négatif de ces impacts sera beaucoup plus présente pour les deux types de sédiments (contaminés et propres), dans la mesure où les études d'impact mettront en évidence des éléments sensibles de l'environnement.

Éventuellement, cet intérêt ne pourrait être qu'économique, en ce sens qu'on s'attardera à ne pas reporter le problème en aval du lieu de dragage.

2.5 Types et capacités des équipements

Le répertoire des équipements de dragage publics et privés qui opèrent sur les Grands Lacs, le Saint-Laurent et le Saguenay a été établi à partir de trois sources principales: La revue World Dredging, Mining & Construction (mars/avril 1989); les propriétaires privés d'équipements de dragage et Travaux Publics Canada.

L'inventaire annuel de la revue World Dredging, Mining & Construction (mars/avril 1989) a fourni une première liste des équipements de dragage et de leurs caractéristiques. Les propriétaires d'équipements ainsi relevés (publics ou privés) ont été contactés par écrit ou par téléphone afin de valider la liste. Lorsque possible, une inspection des équipements a été effectuée. Il ne s'est produit que quelques cas où les gens n'ont pas collaboré. Dans ces cas, l'inventaire de World Dredging, Mining & Construction a été utilisé intégralement. Le Tableau 2.4 présente l'inventaire des équipements ainsi répertoriés, des Grands Lacs jusqu'au Golfe du Saint-Laurent.

On peut constater que l'on dispose d'un nombre total de quelque soixante-treize (73) équipements. De ce nombre on retrouve quarante-huit (48) dragues mécaniques (66%) avec une nette prédominance pour les dragues à bennes preneuses (35 équipements ou 48 % de la flotte). Les dragues hydrauliques représentent 34% du total (25 équipements) dont les dragues suceuses à désagregateur sont les plus utilisées (19 équipements et 26% du nombre total). Le reste des équipements se répartit à peu près également entre les dragues à pelles rétrocaveuses, les dragues à cuillère, les dragues à succion simple et les dragues autopor-

TABLEAU 2.4: INVENTAIRE DES ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE SUR LA VOIE MARITIME DU ST-LAURENT

2.19

C O M P A G N I E	DRAGUES MECANQUES			DRAGUES HYDRAULIQUES			SOURCE DE L'INFORMATION
	A BENNE PRENEUSE (BC/BG)	A PELLE RETROCAVEUSE (BB)	A CUILLERE (BD)	A SUCCION SIMPLE (S)	SUCEUSE A DESAGREGATEUR (CS)	AUTOPORTEUSE A ELINDES TRAINANTS (TH)	
<u>Région Atlantique</u>							
Acadian Dredging (Cocagne, N.B.)	1				4		Visite
Beaver Marine Construction (Bedford, N.S.)	3	1					Visite
Harbour Development Marine Contractors (Darmouth, N.S.)	1		1		1		World Dredging Mining & Cons. April 1989
Maritime Dredging (Charlottown, PEI)					2		Visite
Public Works Canada (Halifax)	3			1	3		Visite
<u>Québec</u>							
Catalogna Bros., Lachine				1			World Dredging & Mining
Dragage Saint-Maurice, Notre-Dame-de-Pierreville	2						Questionnaire retourné
Gauthier Inc., Boisbriand	2				1		Visite
Louiseville Général Enterprise Louiseville	2			1			Visite
Sceptre Riedel, Sorel					2	1	Questionnaire retourné et visite
Travaux Publics Canada (Québec)	3				1		Téléphone
Voyageur Marine, Dorion	1	1		1			Questionnaire retourné et visite
Verreault Navigation, Les Méchins	1	1	1				Feuillelet publicitaire de la compagnie
<u>Région Ontario</u>							
Canadian Dredging & Dock, Don Mills	4	1	1				Feuillelet publicitaire de la compagnie
Cartier McNamara, Whitby	1		3		3	1	World Dredging & Mining...
Dean Construction, Belle River	3	1			1		World Dredging & Mining...
Ontario Construction, Niagara on the Lake	1	1			1		Téléphone
Pitts Engineering, Toronto	5		1				World Dredging & Mining...
Thomson Marine, Pointe au Baril	2						World Dredging & Mining...
TOTAL	35	6	7	4	19	2	73

teuses à élinde trainantes. Les équipements disponibles en ce moment, dans le territoire à l'étude, sont donc tous des équipements conventionnels.

La drague de fabrication finlandaise "Watermaster", acquise au début de l'année 1989 par la compagnie NORMROCK, ne figure pas au Tableau 2.4. Destinée à l'origine aux travaux de drainage, cette petite drague a été achetée pour continuer dans l'eau les travaux d'excavation terrestres contractés par la firme. Elle ne semble pas appropriée pour les travaux de dragage sur le fleuve St-Laurent. Cette drague figure parmi les équipements visités (annexe A) et apparaît sur la liste des prospectus d'équipements disponibles.

Le Tableau 2.5 présente une distribution des capacités des deux principales catégories d'équipements (dragues à bennes preneuses et dragues suceuses à désagréateurs). Il en ressort que la majorité des équipements sont de taille moyenne, ce qui correspond bien au fait que la majorité des contrats de dragage accordés sont aussi d'envergure moyenne.

L'inventaire des équipements de dragage sur le fleuve St-Laurent ne serait pas complet sans la description des moyens employés pour le positionnement des navires. En effet, la précision du dragage est directement reliée à la précision avec laquelle le bateau se situe géographiquement.

Les principaux équipements employés pour le positionnement sur le St-Laurent permettent de se localiser relativement à d'autres reperts environnants ou de se situer de façon absolue géographiquement (latitude et longitude). Les appareils les plus courants fonctionnent sur le principe d'émetteurs-radio fixés en rive, dont le signal est interprété sur le bateau (récepteur) en terme de temps de parcours de l'onde. La vitesse des ondes radio étant

TABEAU 2.5: DISTRIBUTION DES CAPACITÉS DES DRAGUES A BENNE PRENEUSE ET DES DRAGUES A DÉSAGREGATEUR

T Y P E	NOMBRE	CAPACITE
Dragues à benne preneuse	1	0,57 m ³
	1	0,76 m ³
	2	0,96 m ³
	5	1,15 m ³
	2	1,53 m ³
	1	1,91 m ³
	6	2,29 m ³
	1	2,68 m ³
	6	3,05 m ³
	2	3,82 m ³
	4	4,59 m ³
	4	Inconnue
Dragues suceuses à désagregateur	3	20,3 cm
	7	25,4 cm
	1	39,5 cm
	1	35,6 cm
	1	40,6 cm
	1	45,7 cm
	1	76,2 cm
	1	91,4 cm
	1	Inconnue

Note: les capacités et diamètres ont été recalculés d'après le système métrique et arrondis.

Facteurs de conversion: 1 verge cube = 0,764555 m³
1 pouce = 2,54 cm.

connue au-dessus d'un milieu donné, la distance en est déduite et la position du bateau est calculée par triangulation en compilant la distance de plusieurs balises. Habituellement, les balises émettrices sont au nombre de 2 à 4.

Le système "MINI-RANGER" de Motorola est un exemple type de ce genre de dispositif. Il est utilisé, tant par les bateaux de dragage privés que publics. Le modèle le plus récent (1983) utilise au moins 2 stations-balises et transmet la position du navire tous les dix secondes.

2.6 Condition des équipements

L'évaluation des équipements répertoriés a été réalisée par le biais d'un questionnaire adressé aux propriétaires, par des visites des équipements et par une consultation des autorités gouvernementales impliquées dans le dragage et/ou la protection de l'environnement.

Une analyse de marché réalisée récemment (Leighton, 1988) sur l'industrie du dragage a démontré que 81 % de la flotte canadienne a moins de 40 ans, mais que 65 % a plus de 20 ans.

Visuellement, la plupart des équipements de dragage inspectés semblent laissés à l'abandon, souffrant de corrosion de surface. Ce défaut ne pourrait cependant qu'être esthétique et n'entamer en rien le bon état de fonctionnement de l'équipement. C'est du moins ce qu'affirment les propriétaires d'équipement, qui prétendent tous que leur flotte est en parfait état de fonctionnement, ou peut le devenir dans un délai de temps assez court.

Compte tenu du faible volume de dragage réalisé annuellement, la plupart des équipements inspectés n'étaient pas en opération lors

des visites, l'état de fonctionnement des équipement ne pouvait donc pas être vérifié.

D'autre part, même dans les cas où les équipements ont pu être inspectés pendant qu'ils fonctionnaient, la nature des observations recueillies demeure assez générale (ex.: la drague semble opérer sans temps d'arrêt indu, le pipeline ne fuit pas, etc.). Il n'existe aucune étude scientifique ou économique sur les performances techniques ou environnementales des équipements répertoriés.

Au niveau des dates approximatives de réparation majeure ou de remplacement des pièces d'équipement, les propriétaires ont unanimement répondu qu'ils effectuent l'entretien périodique de leurs dragues, remplaçant au besoin les pièces défectueuses. Dans ce contexte, aucun des propriétaires n'entrevoit remplacer son équipement.

2.7 Contraintes administratives et légales du dragage au Québec

Le tableau général des activités de dragage sur le fleuve Saint-Laurent ne serait pas complet sans l'analyse des procédures administratives, légales et économiques qui règlent le déroulement des travaux. Les modalités d'octroi des contrats au niveau fédéral et les procédures utilisées dans le cas de sédiments contaminés tant au niveau fédéral qu'au niveau provincial seront décrites; suivra une section traitant de l'importation des équipements.

2.7.1 Aspects administratifs au niveau fédéral

Depuis l'année 1984, Travaux publics Canada est devenu un ministère de services, c'est-à-dire que le ministère agit comme

maître d'oeuvre expert-conseil pour les ministère-clients: Transports Canada, Pêches et Océans Canada, Douanes et Accise, etc.

Le ministère des Travaux publics ne perçoit aucun budget d'opération. Les fonds nécessaires aux études et aux travaux sont transmis à Travaux publics Canada suite à l'approbation de projets par les Ministères-clients.

L'évaluation environnementale suit les indications inscrites dans le "Guide pour un examen environnemental préalable des projets de dragage et de Génie Maritime dans le Saint-Laurent", édité en 1985 par Environnement Canada, Région du Québec.

Ce guide s'inscrit dans le cadre du processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement et il a pour but d'assurer que les répercussions sur l'environnement soient considérées, lors de la réalisation de tout projet, avant qu'aucune décision n'ait été prise.

Tous les autres projets de dragage exécutés dans la province de Québec, mises à part certaines limitations saisonnières dues à la pêche ou la fraie du poisson, ne comportent aucune restriction particulière d'Environnement Canada en rapport avec le cône de turbidité ou la qualité de matériel acceptable pour déversement en mer.

Au nom du ministère de l'Environnement, c'est le Bureau Fédéral d'examen des évaluations environnementales (BFEEE) qui assure la responsabilité de l'administration de l'ensemble du processus. Pour aider les promoteurs des travaux de dragage à réaliser une proposition correcte, un document spécial intitulé "Guide pour l'évaluation initiale" a été publié par le BFEEE.

Ces documents ne sont pas examinés dans cette étude. Le processus du promoteur fédéral tel qu'appliqué présentement, est toutefois décrit dans les paragraphes qui suivent.

La plupart du temps, Travaux publics Canada ou Transport Canada (par l'entremise de la garde côtière) effectue, sur demande du ministère-client, les sondages bathymétriques de vérification, évalue le volume de matériaux à draguer, prépare un plan de construction préliminaire et fournit ensuite au ministère-client les plans de dragage ainsi que l'estimation des coûts de réalisation.

Sujet à l'approbation du projet par le Ministère-client, Travaux publics Canada initie le processus d'examen environnemental préalable du projet. Bien qu'il ne soit pas tenu d'obtenir une autorisation d'Environnement Canada pour procéder au dragage, sauf dans le cas des projets spécifiquement soumis à la Loi canadienne de Protection de l'Environnement (anciennement Loi d'immersion en mer). Le ministère des Travaux Publics soumet tout de même systématiquement tous ses projets à Environnement Canada depuis quelques années et applique les recommandations de ce dernier. Les restrictions ou recommandations peuvent concerner la période saisonnière permmissible pour la réalisation des travaux, le déversement à certains endroits et à certaines dates de l'année, ou la qualité des équipements acceptables pour l'exécution des travaux.

Les études environnementales produites par Travaux publics Canada sont conçues de manière à déterminer les répercussions sociales, économiques et environnementales potentiellement néfastes, et aussi de faire ressortir les points particuliers qui nécessitent une étude plus spécifique. Toute restriction ou exigence environnementale particulière rattachée au projet sera décrite

dans les documents de soumission afin que les entrepreneurs puissent évaluer à leur juste valeur les coûts et la comptabilité de leurs équipements.

Selon l'envergure et la localisation géographique du projet, suite à la présentation de l'étude environnementale préalable de Travaux publics Canada, Environnement Canada peut exiger une étude d'impact plus élaborée avant d'émettre un permis pour la réalisation du projet. Dans le cas où les sédiments dragués sont rejetés en mer, les activités de dragage sont soumises à un permis dans une zone spécifiquement délimitée par la Loi Canadienne de Protection de l'Environnement (LCPE, autrefois Loi d'immersion en mer) (voir Annexe "G"-3).

Tous les projets de dragage sous juridiction fédérale, dont le déversement des déblais est permis en eau libre, ne requièrent pas l'approbation du ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ).

D'autre part, si les déversements des déblais sont prévus sur la grève ou la terre ferme, Environnement Canada recommande aux promoteurs de se conformer aux lois et règlements provinciaux. Dans le cas où les deux paliers de gouvernement sont impliqués, tels que les travaux de dragage envisagés dans le canal Lachine et au Port de Montréal, un comité est créé avec des représentants des deux paliers de gouvernement. Un tel comité peut opérer comme une commission et a comme mission d'intégrer les priorités de chaque organisme et d'harmoniser les méthodes utilisées.

L'annexe "G" décrit les détails concernant la procédure administrative suivie pour la réalisation des projets fédéraux depuis l'appel d'offres en passant par l'octroi du contrat,

l'analyse de l'équipement de dragage, la surveillance et la gestion des travaux, les modalités de paiement, jusqu'à la mesure des volumes dragués.

Les équipements de dragage, pour être admissibles à recevoir un contrat fédéral, doivent être de marque ou de fabrication canadienne et être enregistrés au Canada ou au Royaume-Uni.

Ce sujet sera de nouveau abordé dans la section 2.7.3 concernant l'importation et les douanes.

2.7.2 Aspects légaux au niveau provincial

Dans le cadre de la procédure provinciale du Québec, tous les projets de dragage exécutés sur une distance de 300 mètres ou plus ou sur une superficie de 5 000 mètres carrés et plus, font l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement (Loi sur la qualité de l'environnement, 1978) et doivent être approuvés par le ministère de l'environnement du Québec suite à un processus d'étude d'impact et d'audience publique.

Pour juger si les sédiments sont contaminés ⁽¹⁾ ou non et s'ils présentent un risque pour l'environnement, des analyses sur les sédiments secs (concentrations totales), sur le lixiviat, et des tests d'élutriation sont entrepris. Dans les "cas limites" une analyse de risque et des bio-essais peuvent être également exigés.

Dépendant de la méthode retenue pour la disposition des résidus de dragage (rejets en eau libre, confinement terrestre ou

(1) Il n'existe pas de norme ou critère définissant ce qu'est un "sédiment contaminé".

réutilisation des sédiments), les résultats d'analyse doivent être confrontés à différents critères ou règlements:

Rejets en eau libre

- Critères de qualité pour rejet en eau libre (Env. Can. 1985);
- Critères d'évaluation pour immersion des déchets en mer (Env. Can. 1985);
- Qualité de l'eau au site de dragage et de rejet prévu (Env. Can. 1985);
- Principes directeurs pour la protection de la vie aquatique (Env. Can. 1985).

Confinement terrestre (enfouissement, dépôt, cellules étanches)

Réutilisation des sédiments (aménagement faunique, remblayage en rive, restauration de carrière ou sablière)

- Critères indicatifs de la contamination des sols (Menviq 1988);
- Définition d'un déchet acceptable pour un lieu d'enfouissement sanitaire (Menviq 1988, Q-2, r.14);
- Normes pour les eaux de lixiviation provenant d'un site d'enfouissement sanitaire (Menviq 1988, Q-2, r.14, art.54);
- Règlement sur les déchets dangereux; concentration maximale d'un lixiviat de résidu solide (Menviq 1988, Q-2, r.12.1).

Dans le cas où les analyses révèlent que la contamination des sédiments dépassent les normes ou critères, la disposition en milieu terrestre des résidus de dragage doit se conformer aux procédures pour le choix d'un mode d'intervention sur les sols

contaminés. Selon le cas, il pourrait s'agir d'un confinement à sécurité accrue (1) ou maximale (2) (Menviq 1988).

Ainsi, les politiques actuelles du gouvernement du Québec sur la qualité de l'eau et des sols comblent provisoirement le vide juridique sur les sédiments de dragage. Eventuellement, des critères spécifiques devraient être adoptés visant l'excavation et la mise en dépôt selon trois classes de contaminants: volatils, solubles et liés aux sédiments. Pour établir ces critères il serait préférable que les législations provinciale et fédérale soient communes.

2.7.3 Importation et douanes

En ce qui à trait à l'importation d'équipements de dragage, pour des fins autres que des contrats du gouvernement fédéral, les lois sur les douanes et accises devront être appliquées.

Comme mentionné à la section 2.7.1, pour que les équipements de dragage des entrepreneurs soient acceptés à l'octroi des contrats fédéraux, ils doivent être enregistrés et de marque ou de fabrication canadienne ou du Royaume-Uni. Dans le cas du matériel du Royaume-Uni, l'équipement doit avoir été au Canada pendant au moins un an avant la date fixée pour l'ouverture des soumissions (Voir annexe "G"-2).

-
- (1) Sécurité accrue: cellule étanche aménagée dans un sol naturel ne nécessitant aucune mesure supplémentaire d'imperméabilisation (membrane synthétique).
 - (2) Sécurité maximale: cellule étanche minimisant la production de lixiviat et récupérant tout liquide accumulé dans le fond. La cellule est constituée de plusieurs membranes synthétiques.

Pour que les équipements de dragage qui sont construits à l'extérieur du Canada soient éligibles lors d'un appel d'offre du gouvernement fédéral, ces équipements doivent être pré-qualifiés par Industrie, Science et Technologie Canada.

"Les dragues et autre outillage flottant portant un numéro d'immatriculation du Canada ou du Royaume-Uni, et qui ont subi de nombreuses modifications au Canada, ce qui en accroît la teneur canadienne, seront considérés comme des appareils produits ou fabriqués au Canada, s'il ont répondu aux critères d'évaluation préalable des qualités." (Travaux Publics Canada)

Cette politique résulte d'une décision du Conseil du Trésor, dont il fut impossible d'obtenir copie.

Cette information provient d'une lettre d'Industrie, Science et Technologie Canada, qui explique cette décision du Conseil du Trésor: "afin de permettre aux agences du gouvernement d'obtenir les meilleurs prix possibles pour leurs besoins".

En ce qui concerne les douanes, en conformité avec la codification administrative de la nomenclature tarifaire, douanes et accise, tirée de la version révisée par le ministère du Revenu du Canada en décembre 1988, les tarifs d'importation sont les suivants:

Etats-Unis

Si l'équipement de dragage est importé des Etats-Unis les tarifs de douane sont:

- | | |
|-----------------------------|--------|
| - Le tarif actuel: | 22,5 % |
| - Tarif après janvier 1990: | 22,0 % |
| - Tarif après janvier 1991: | 17,5 % |

Conditions: l'équipement doit être composé, fabriqué et assemblé aux Etats-Unis à 51%, dans le cadre du libre échange (Note: le 51 % comprend le coût de la matière première et de la main d'oeuvre pour assembler l'équipement). Dans le cas d'importation d'une pièce d'équipement, comme une benne étanche par exemple, le tarif sera de 9,2 %, auquel il faut ajouter la taxe de vente fédérale de 13,5 %.

Autres Pays (Europe, Japon, etc...)

Conformément aux informations communiquées par le service des douanes, l'importation d'équipement de dragage ne fait pas partie du "Programme de la Machinerie". Ce programme est approuvé par un décret émis par le ministère du Revenu et prévoit deux cas:

- si l'équipement n'est pas disponible au Canada

Dans ce cas, il peut être assujetti à un processus d'évaluation, en vue d'une réduction ou d'exemption des taxes de douane. L'étude est faite cas par cas.

Les bateaux dragueurs ne sont pas éligibles au décret qui pourrait les exempter ou réduire des droits de douane. A priori, il seront donc taxés à plein tarif.

- si l'équipement est disponible au Canada

En ce cas aucune exemption ou réduction n'est envisageable.

Le plein tarif de douane pour les dragues et les équipements de dragage sont les suivants:

- 25 % de la valeur transactionnelle en argent canadien;
- plus la taxe de vente fédérale de 13,5 %.

2.8 Coût des opérations de dragage

Le coût réel des opérations de dragage dépend d'une multitude de facteurs spécifiques à chaque projet. Pour arriver à des estimations moyennes réalistes, deux bilans de coûts (pour deux projets précis) sont présentés de même que l'analyse de deux projets fictifs.

2.8.1 Estimation sommaire des coûts de dragage suivant les options de réalisation de projets (en 1981 et en 1985)

Cette estimation a été réalisée en 1981 par la firme d'ingénieurs-conseil Roy, Bergeron, Gariépy, Leroux, Dupont, Desmeules et Associés dans le cadre de l'étude sur le dragage et la disposition des déblais (région de Sorel, rapport final).

Le Tableau 2.6 présente les résultats de cette estimation pour trois types de drague hydraulique et trois types de drague mécanique. On constate que les coûts unitaires les plus bas sont obtenus avec les dragues hydrauliques de grande dimension (50 et 60 cm de diamètre). Un coût moins favorable est obtenu avec les dragues mécaniques de plus forte capacité (3 et 4,5 m³) et avec la drague hydraulique de faible capacité (30 cm de diamètre). Enfin, le prix le plus élevé revient à la plus petite drague mécanique (1,5 m³).

En ajoutant le déchargement et le transport nécessaire dans le cas des dragues mécaniques, les coûts résultants favorisent nettement les dragues hydrauliques (entre 30 et 66% du prix des dragues mécaniques).

TABLEAU 2.6: ESTIMATION SOMMAIRE DES COUTS SUIVANT LES OPTIONS DE RÉALISATION DES TRAVAUX (1981)

2.33

DRAGUE	DRAGAGE	DÉCHARGEMENT ET TRANSPORT (50 000 m ³)	TOTAL	MODE DE TRANSPORT	SITE "B" DE CONFINEMENT	PRODUCTION/HRE/ Sédiments Eau	
<u>Hydraulique</u>							
30 cm dia.	6,04 \$/m ³		6,04 \$/m ³	Pipeline	Berges	95 m ³	950 m ³
50 cm dia.	4,33 \$/m ³		4,33 \$/m ³	Pipeline	Berges	266 m ³	2 660 m ³
60 cm dia.	3,45 \$/m ³		3,45 \$/m ³	Pipeline	Berges	380 m ³	3 800 m ³
<u>Mécanique</u>							
1,5 m ³	7,16 \$/m ³	4,40 \$/m ³	11,56 \$/m ³	Camions	Berges	40 m ³	8 m ³
3,0 m ³	5,66 \$/m ³	5,00 \$/m ³	10,66 \$/m ³	Camions	Berges	75 m ³	15 m ³
4,5 m ³	5,56 \$/m ³	3,60 \$/m ³	9,16 \$/m ³	Camions	Berges	100 m ³	20 m ³

Note : la drague hydraulique est une suceuse-refouleuse et la drague mécanique est une benne preneuse.

Source : Roy, Bergeron, Gariépy, Leroux, Dupont, Desmeules & Associés, 1981.
Etude sur le dragage et la disposition des déblais. Région de Sorel.
Rapport final.

La Figure 2.3 illustre l'évolution linéaire des coûts mais ne tient pas compte des frais de transport et de déchargement pour les différentes dragues.

L'analyse de cette firme d'ingénieurs-conseil ne reflète pas les coûts de mobilisation/démobilisation qui peuvent être assez importants dans le balance totale des prix de dragage.

Dans une étude réalisée en 1985 pour le compte du secrétariat Archipel, plusieurs compagnies de dragage ont estimé les coûts pour l'ensemble des opérations reliées à cette activité. La compilation des estimations est présentée à la Figure 2.4.

Le coût de mobilisation/démobilisation des dragues hydrauliques de grande envergure est très important comparativement aux dragues mécaniques. Par contre, la grande productivité des premières permet une économie notable en présence de gros volumes à draguer.

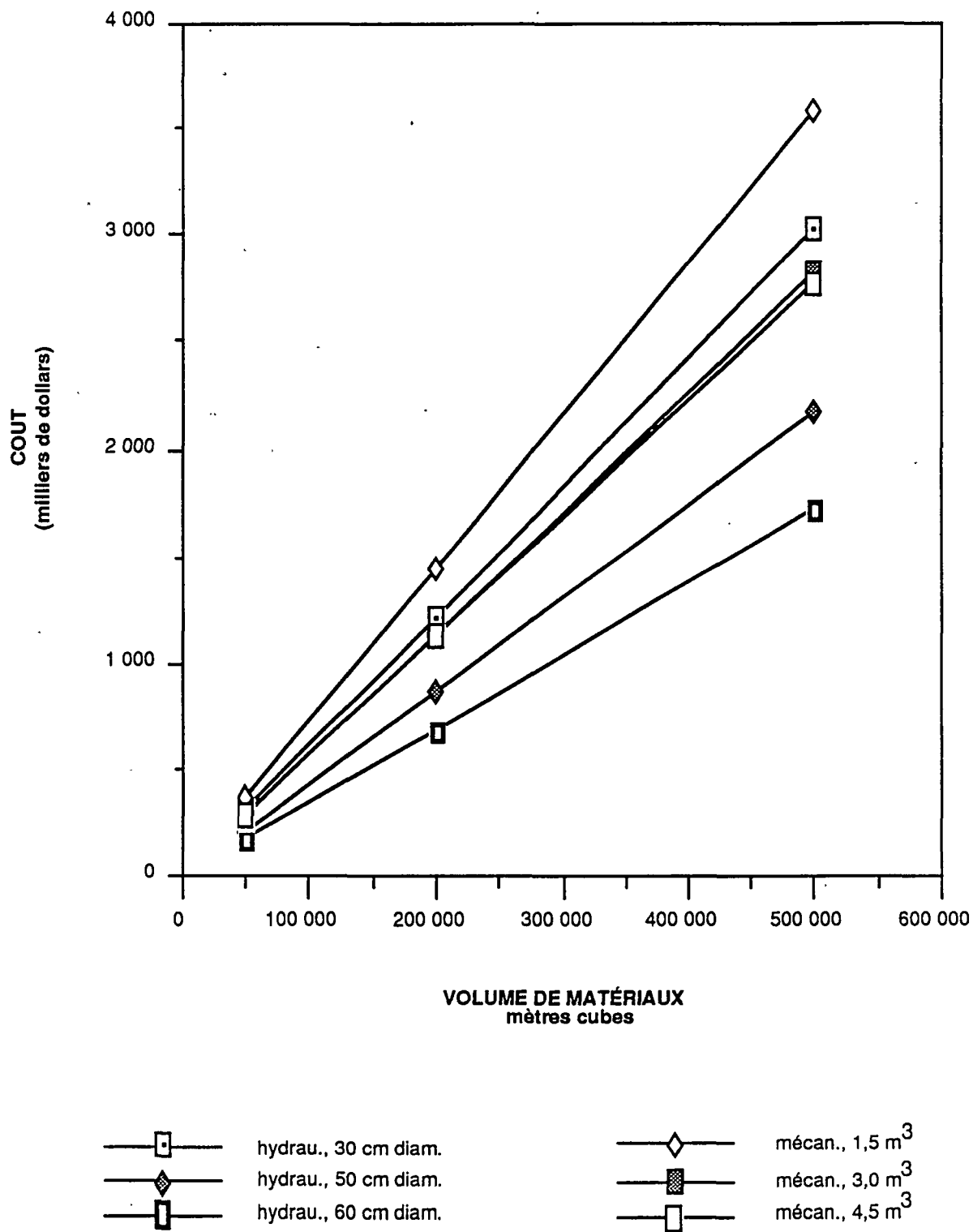
Dans le cas de la drague hydraulique de 25,4 cm de diamètre, même si la compagnie soumissionnaire n'a pas donné les coûts de mobilisation/démobilisation de façon distincte, ces derniers sont amortis pour des volumes dépassant 100 000 m³ comme l'indique l'inflexion de la courbe des coûts totaux.

2.8.2. Coûts de dragage pour des projets fictifs (1989 et 1990)

Pour les besoins de cette étude, trois compagnies de dragages ont été contactées en 1989 pour estimer les coûts des différentes étapes d'un projet fictif de dragage sur la base d'une série d'hypothèses. Ces dernières ont été établies à partir du projet de 1985 (section 2.8.1) pour permettre une homogénéité dans la comparaison. Les coûts donnés par les trois compagnies sont inscrits au Tableau 2.7 et illustrés à la Figure 2.5.

FIGURE 2.3 : PRIX DU DRAGAGE EN 1981

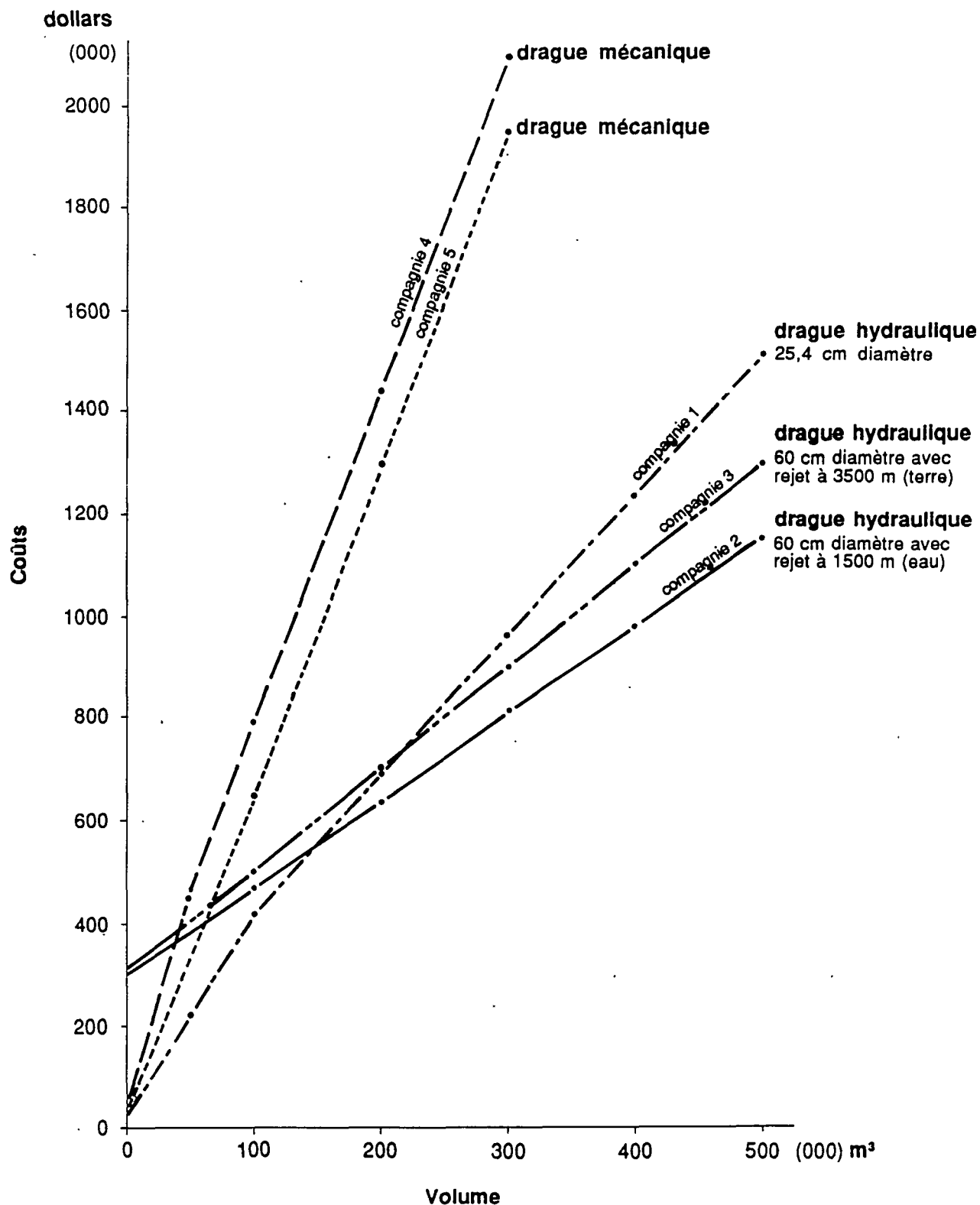
2.35



Source: Etude sur le dragage et la disposition des déblais, région Sorel, rapport final, 1981

COÛTS DU DRAGAGE EN FONCTION DES QUANTITÉS (1985)

Figure 2.4



SOURCE: Lavalin Environnement (anciennement André Marsan & Associés) "Étude sur les voies de solution au problème des sédiments contaminés dans le lac Saint-Louis et le bassin LaPrairie", rapport novembre 1985. Dossier n° 46148

TABLEAU 2.7: COÛTS DE DRAGAGE EN FONCTION DES VOLUMES DRAGUÉS (ÉTÉ 1989)

2.37

COMPAGNIE	V O L U M E S							
	50 000 m ³		100 000 m ³		200 000 m ³		500 000 m ³	
	\$/m ³	Coût total	\$/m ³	Coût total	\$/m ³	Coût total	\$/m ³	Coût total
#1								
- A succion	9,00 \$/m ³	450 000 \$	7,00 \$/m ³	700 000 \$	6,50 \$/m ³	1 950 000 \$	6,25 \$/m ³	3 125 000 \$
- Mécanique/disposition lac	11,50 \$/m ³	575 000 \$	9,50 \$/m ³	950 000 \$	9,00 \$/m ³	2 700 000 \$	8,75 \$/m ³	4 375 000 \$
- Mécanique/disposition rive	13,50 \$/m ³	657 000 \$	11,50 \$/m ³	1 150 000 \$	11,00 \$/m ³	3 300 000 \$	10,75 \$/m ³	5 375 000 \$
#2								
- Hydraulique/disposition lac	6,40 \$/m ³	320 000 \$	4,10 \$/m ³	410 000 \$	2,60 \$/m ³	780 000 \$	2,10 \$/m ³	1 050 000 \$
#3								
- Hydraulique/disposition lac	7,50 \$/m ³	375 000 \$	7,40 \$/m ³	740 000 \$	7,15 \$/m ³	2 145 000 \$	6,80 \$/m ³	3 400 000 \$
- Hydraulique/disposition rive	10,00 \$/m ³	500 000 \$	9,90 \$/m ³	990 000 \$	9,75 \$/m ³	2 925 000 \$	9,50 \$/m ³	4 750 000 \$
- Mécanique/disposition lac	12,50 \$/m ³	625 000 \$	12,25 \$/m ³	1 225 000 \$	11,20 \$/m ³	3 360 000 \$	10,00 \$/m ³	5 000 000 \$
- Mécanique/disposition rive	16,50 \$/m ³	825 000 \$	16,10 \$/m ³	1 610 000 \$	14,30 \$/m ³	4 290 000 \$	12,50 \$/m ³	6 250 000 \$

HYPOTHESES :

Endroit : Lac Saint-Louis

Quantité à draguer : Volume de 50 000, 100 000, 200 000, 500 000 m³

Profondeur et épaisseur de l'excavation : (4,5 m à 6,0 m); 1,50 m

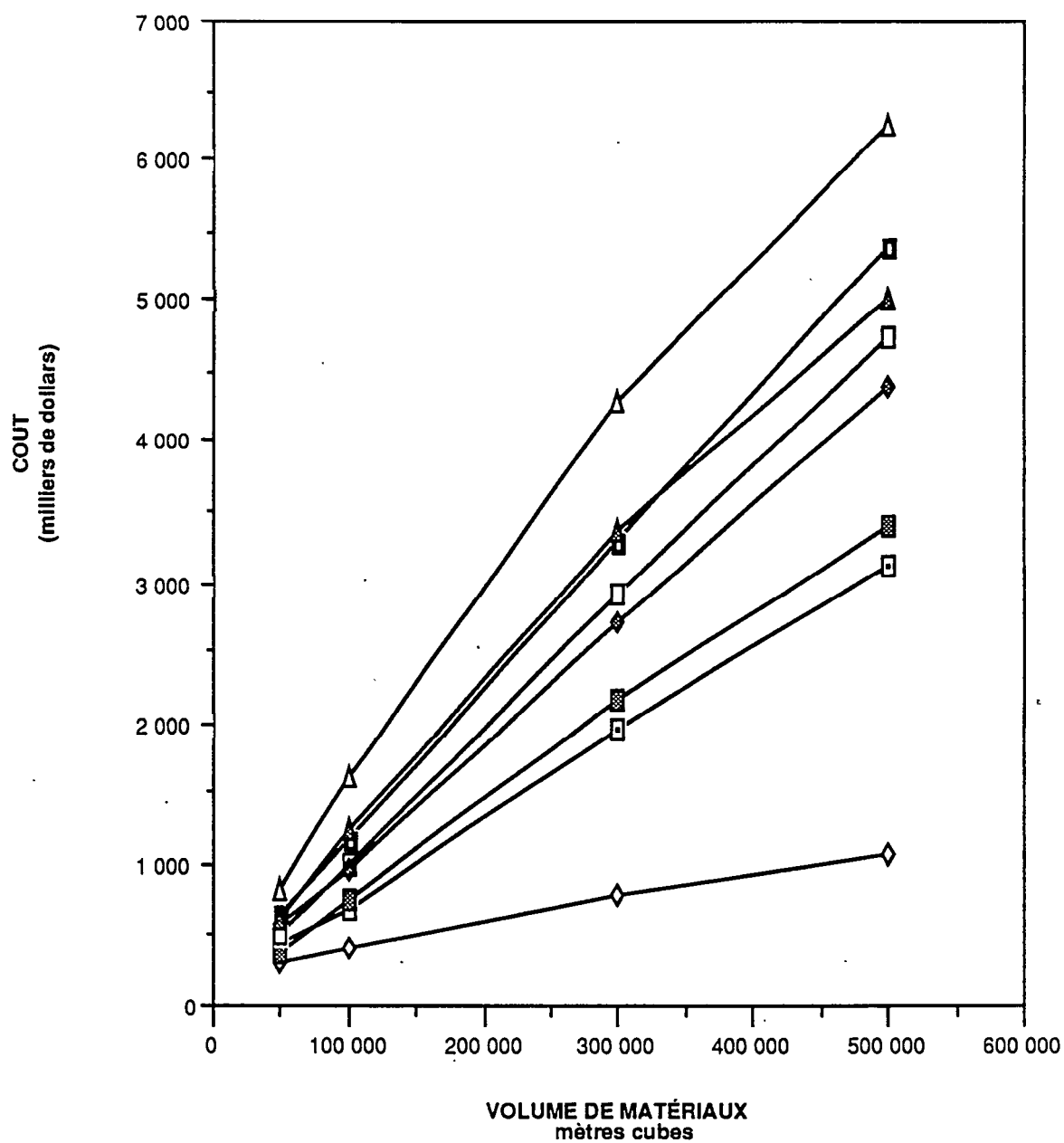
Matériaux : Sable ou argile

Équipement : Dragage hydraulique avec couteau
Dragage mécanique avec chalands

Distance du site de disposition : 1,5 km

FIGURE 2.5: PRIX COMPARATIFS DU DRAGAGE (été 1989) EN FONCTION DU TYPE D'ÉQUIPEMENT ET DU LIEU DE DÉPÔT

2.38



- | | | | |
|-----|------------------------------|-----|-------------------------------|
| —□— | à suction, comp. #1 | —■— | hydrau., disp. lac, comp. #3 |
| —◇— | mécan., disp. lac, comp. #1 | —□— | hydrau., disp. rive, comp. #3 |
| —◻— | mécan., disp. rive, comp. #1 | —▲— | mécan., disp. lac, comp. #3 |
| —◇— | hydrau., disp. lac, comp. #2 | —△— | mécan., disp. rive, comp. #3 |

Le coût du dragage mécanique est inférieur à celui du dragage hydraulique lorsque l'on considère séparément le dépôt en rive et en lac, et ce pour tous les volumes de matériaux à draguer.

L'importance relative du coût pour un volume minimal (50 000 m³) par rapport au coût du volume maximal (500 000 m³) est plus grande pour la compagnie #2 (66%). Pour la compagnie #1, ce rapport est de 20 à 30% et de 5 à 25% pour la troisième compagnie.

Le graphique de la Figure 2.5 montre des différences d'estimation appréciables entre les compagnies pour des conditions semblables. La fiabilité des valeurs du Tableau 2.7 peuvent donc être mises en doute.

L'analyse réalisée en mai 1990 est plus détaillée et comporte l'étude des coûts d'une drague hydraulique de grande capacité dans diverses conditions. Les volumes choisis couvrent la même gamme de situations (de 50 000 à 500 000 m³). Les variantes concernent la distance et le lieu de rejet: à 1,5 ou à 3,5 km et rejets dans l'eau ou en rive. On a considéré également les différences de coût associées au type de matériaux: meubles et fonds réguliers ou matériaux durs et denses.

Il en résulte 24 situations qui ont été étudiées chacune en fonction des coûts de mise en marche de l'équipement, d'installation, de démobilisation, d'opération, des risques et imprévus ainsi que des frais hors-chantier (profit, administration, assurances, etc.). Le Tableau 2.8 présente ces estimations sur la base des hypothèses suivantes:

- drague hydraulique de 26 po. de diamètre;
- utilisation d'un remorqueur;
- utilisation d'un derrick;

TABLEAU 2.8: ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX POUR UNE DRAGUE HYDRAULIQUE⁽¹⁾ SELON DIVERS VOLUMES ET TYPES DE MATÉRIAUX

2.40

A) MATÉRIAUX MEUBLES ET FOND RÉGULIER

DESCRIPTION DE LA CHARGE COÛTS (2)	50 000 m ³				200 000 m ³				500 000 m ³			
	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km
- Entretien et mise en ordre de l'équipement, achat de conduites	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000
- Mobilisation et installation	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000
- Démobilisation	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000
- Opération	99 000	123 000	110 400	131 400	330 000	410 000	368 000	438 000	693 000	861 000	772 800	919 800
- Risques et imprévus	3 000	4 000	3 600	4 600	2 000	2 000	2 000	2 000	3 000	3 000	3 200	3 200
SOUS - TOTAL	250 000	635 000	262 000	644 000	480 000	920 000	518 000	948 000	844 000	1 372 000	924 000	1 431 000
Frais hors chantier 20% (profit, administration, assurances, etc.)	50 000	127 000	52 400	128 800	96 000	184 000	103 600	189 600	168 800	274 400	184 800	286 200
TOTAL	300 000	762 000	314 400	772 800	576 000	1 104 000	621 600	1 137 600	1 012 800	1 646 400	1 108 800	1 717 200
PRIX UNITAIRE	6,00/m ³	15,24/m ³	6,29/m ³	15,46/m ³	2,88/m ³	5,52/m ³	3,11/m ³	5,69/m ³	2,03/m ³	3,29/m ³	2,22/m ³	3,43/m ³

(1) Hypothèse de travail: drague hydraulique 26 po. avec remorqueur, derrick, conduites, puissance total 7 000 CV, 5 000 CV à la pompe, profondeur de dragage 12 à 14 m et courants inexistantes.

(2) Estimation des coûts valide pour mai 1990.

TABLEAU 2.8 (suite): ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX POUR UNE DRAGUE HYDRAULIQUE⁽¹⁾ SELON DIVERS VOLUMES ET TYPES DE MATÉRIAUX

2.41

B) MATÉRIAUX DURS ET DENSE

DESCRIPTION DE LA CHARGE COÛTS (2)	50 000 m ³				200 000 m ³				500 000 m ³			
	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km	Rejet dans l'eau à 1,5 km	Rejet dans l'eau à 3,5 km	Rejet en rive à 1,5 km	Rejet en rive à 3,5 km
- Entretien et mise en ordre de l'équipement, achat de conduites	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000	70 000	350 000
- Mobilisation et installation	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000	52 000	114 000
- Démobilisation	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000	26 000	44 000
- Opération	198 000	246 000	220 800	262 800	660 000	820 000	736 000	876 000	1 386 000	1 722 000	1 545 600	1 839 000
- Risques et imprévus	9 000	11 000	11 200	9 200	12 000	12 000	16 000	16 000	16 000	15 000	16 400	12 400
SOUS - TOTAL	355 000	765 000	380 000	780 000	820 000	1 340 000	900 000	1 400 000	1 550 000	2 245 000	1 710 000	2 360 000
Frais hors chantier 20% (profit, administration, assurances, etc.)	71 000	153 000	76 000	156 000	164 000	268 000	180 000	280 000	310 000	449 000	342 000	472 000
TOTAL	426 000	918 000	456 000	936 000	984 000	1 608 000	1 080 000	1 680 000	1 860 000	2 694 000	2 052 000	2 832 000
PRIX UNITAIRE	8,52/m ³	18,36/m ³	9,12/m ³	18,72/m ³	4,92/m ³	8,04/m ³	5,40/m ³	8,40/m ³	3,72/m ³	5,39/m ³	4,10/m ³	5,66/m ³

(1) Hypothèse de travail: drague hydraulique 26 po. avec remorqueur, derrick, conduites, puissance total 7 000 CV, 5 000 CV à la pompe, profondeur de dragage 12 à 14 m et courants inexistantes.

(2) Estimation des coûts valide pour mai 1990.

- achat de conduites;
- puissance de la pompe environ 5 000 CV (7 000 CV au total);
- profondeur de dragage de 12 à 14 m;
- absence de courant.

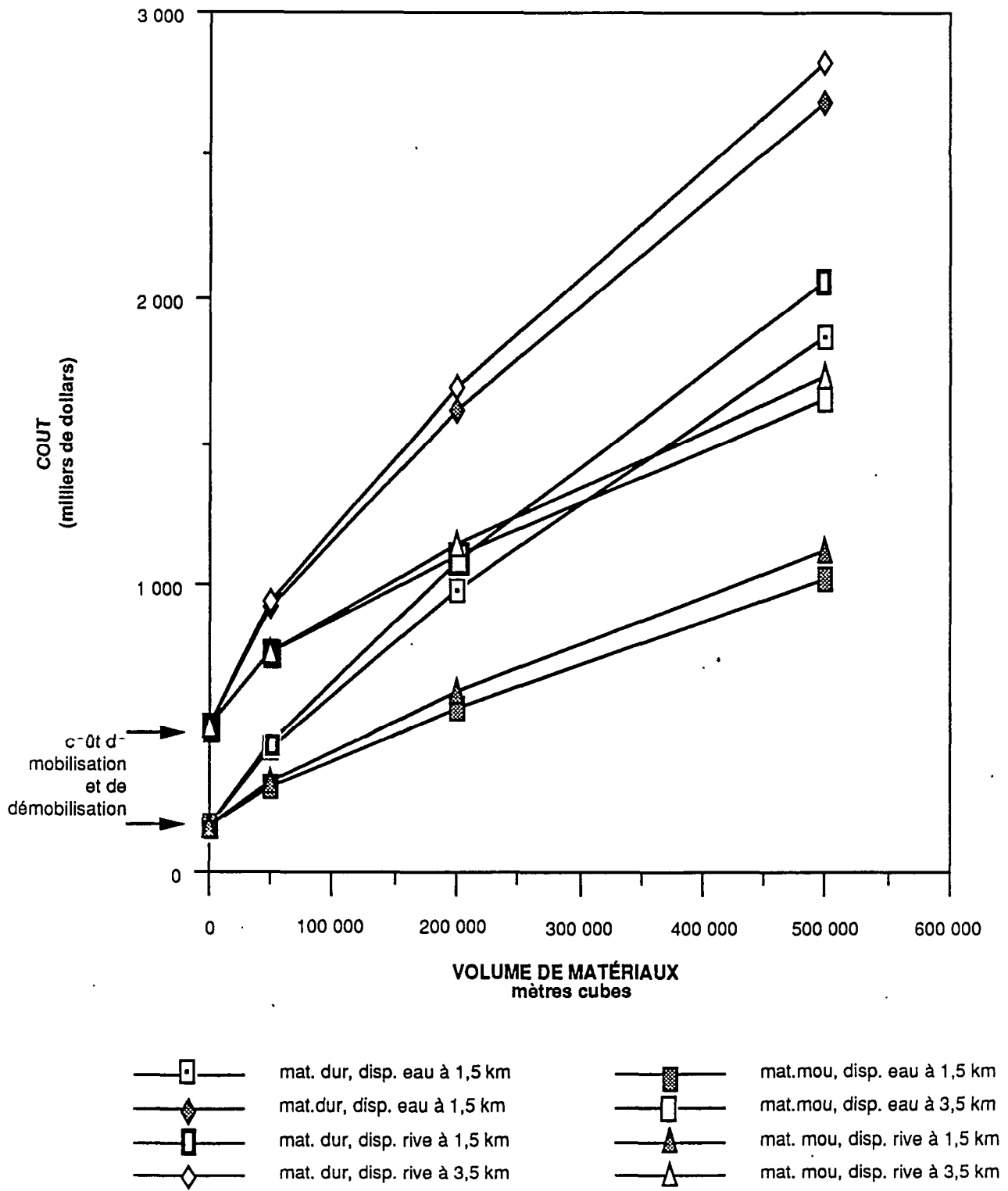
Ce type d'analyse représente bien l'influence de quelques uns des facteurs influençant le prix des activités de dragage. La Figure 2.6 semble bien représenter les coûts réels pour une drague hydraulique de grande dimension et indique ses limites d'utilisation en fonction des volumes à excaver et de la distance du rejet. Les plus bas prix unitaires sont obtenus pour de grands volumes, et dans le cas de petits volumes, les coûts restent acceptables pour de courtes distances de rejet. A l'opposé, les coûts de dragage d'un petit volume avec de longues distances de rejet pour une grosse drague hydraulique sont prohibitifs.

Une bonne partie des coûts impliqués dans l'activité de dragage revient à l'entretien, à la mobilisation et à la démobilisation. La fraction du coût revenant à ces étapes du dragage varie de 49% (pour les petits volumes) à 13% (pour les plus gros travaux) lorsqu'on considère de courtes distances de rejet. Les grandes distances de rejet produisent une proportion des coûts associée à l'installation de 31 à 70% pour les gros et les petits volumes respectivement.

Une autre différence importante est constatée au niveau des coûts unitaires en fonction des volumes. Pour un rejet à 1500 m, le ratio du prix des grands volumes sur celui des petits représentent environ 34%, alors que pour les rejets à 3500 m il atteint 21%.

Cette caractéristique (différence de prix pour différents volumes) reste aussi valable pour les coûts unitaires associés

FIGURE 2.6: PRIX COMPARATIFS DU DRAGAGE (mai 1990) EN FONCTION DU TYPE DE MATÉRIEL À EXCAVER, DE LA DISTANCE DE TRANSPORT ET DU LIEU DE DÉPÔT (drague hydraulique) 2.43



au type de matériel à draguer. Pour les volumes réduits et une courte distance de rejet, la proportion des coûts entre des sédiments meubles et des sédiments durs est de 68 à 70%. Avec un rejet à 3,5 km, ce pourcentage atteint environ 82%. Pour les grands volumes, le rapport est réduit à 54% et 60% pour les rejets à courte et longue distance respectivement.

On note aussi des différences au niveau des prix unitaires en fonction des distances de rejet. Pour de petits volumes, le coût unitaire à courte distance représente environ 40% du budget pour le rejet à grande distance. La différence est beaucoup moins notable pour les gros volumes.

L'analyse des coûts pour des projets réels et fictifs permettent de conclure que plusieurs éléments peuvent changer le total des coûts mais ils sont spécifiques à chaque projet. D'autres éléments plus spécifiques au fleuve St-Laurent ayant une influence sur le choix des équipements, et par conséquent sur les coûts, sont analysés à la prochaine section.

2.9 Particularités du dragage sur le fleuve Saint-Laurent

2.9.1 Législation nautique

Un élément spécifique du fleuve St-Laurent est sa division, du point de vue nautique, en plusieurs secteurs:

- Les eaux intérieures du Canada ("Inland waters of Canada") comprennent le fleuve St-Laurent aussi loin vers la mer qu'une ligne droite tirée de Cap-des-Rosiers à la pointe occidentale de l'Ile d'Anticosti, et de l'Ile d'Anticosti à la rive nord du fleuve le long du méridien de longitude soixante-trois degrés ouest (voir Figure 2.1).

- Les eaux de cabotage du Canada ("Home trade of Canada") comprennent la partie du fleuve située entre la ligne délimitant les eaux intérieures et l'océan.
- Les eaux secondaires du Canada ("Minor waters of Canada") constituent une partie des eaux intérieures situées à l'est d'une ligne tirée de Pointe-au-Père (rive droite) à Pointe-Orient (rive gauche) à la hauteur de Rimouski et délimitée à l'ouest par les eaux de cabotage.

Cette division, inscrite dans la Loi sur la marine marchande implique des obligations spécifiques pour chaque secteur. Ces obligations concernent les brevets du personnel, l'équipement de sauvetage, la fréquence des vérifications et d'autres éléments qui affectent directement le coût des opérations de dragage. Par exemple, ne des obligations, applicables tous les deux ans ou tous les cinq ans (dépendant de la zone), est de mettre en cale sèche le navire pour fins de vérification. Or cette obligation est valable non seulement pour les navires ou les dragues autoporteuses, mais également pour les remorqueurs, chalands, etc...et le coût de l'opération est assez élevé.

En général, de la voie maritime à Pointe au Père, dans les "eaux intérieures", il y a moins d'exigences. De Pointe au Père jusqu'au Cap-des-Rosiers, dans la partie des eaux intérieures qui s'appelle les "eaux secondaires", les exigences sont plus grandes; elles le sont davantage pour les "eaux de cabotage".

2.9.2 Particularités naturelles

Les conditions de dragage le long du fleuve Saint-Laurent ne sont pas uniformes; un examen sommaire des éléments d'influence spécifiques pour plusieurs zones indique la situation suivante:

- Entre le Port de Montréal et Varennes, on rencontre dans la voie maritime des conditions très difficiles pour l'approfondissement et même pour l'ancrage. Le fond est constitué d'une morraine compacte et dure.
- Entre Varennes et Batiscan, le fond est composé de sols meubles, du silt et du sable. Le travail est plus facile.
- De Batiscan à Québec, le fond est composé de schiste; les conditions de travail sont très difficiles. Dans cette zone, les courants sont assez forts et la marée atteint plus d'un mètre.
- A partir de Cap Santé le long de la traverse nord (l'Ile d'Orléans), l'entretien (dû à l'ensablement) est facile. Les conditions de marée et de vagues sont semblables à celles en amont. Le chenal est profond.
- Depuis la Rivière du Loup, l'excavation est aisée mais les vents forts et les vagues rendent le travail plus pénible. Le déversement est aussi plus difficile, de même que dans le golfe du St-Laurent.
- Plus en aval, le choix de la période de l'année durant laquelle les travaux doivent être effectués est capital. Dans les Iles-de-la-Madeleine par exemple, au delà d'octobre, les faibles températures affectent le travail une fois sur deux, ce qui ne se produit pas en amont du port de Québec.
- En aval de Tadoussac, la marée devient un élément plus contraignant.

- Dans la partie large du fleuve, la distance entre le site d'extraction et la berge devient un facteur déterminant dans le calcul des coûts du dragage. A Rimouski par exemple, pour se protéger du mauvais temps, on doit parcourir plus de 30 km de distance, ce qui réduit considérablement le rendement. On rapporte même des cas où des entreprises aurait échoué en travaillant dans ce secteur.

On peut considérer qu'en amont de Batiscan, le travail ne présente pas de difficultés majeures et même une petite entreprise avec des équipements de calibre réduit peut travailler normalement. Par contre en aval de Québec, les conditions sont radicalement différentes; les assureurs demandent aussi une surtaxe pour les travaux dans ce secteur. Plus la berge est éloignée, plus des mesures spéciales s'imposent entraînant des dépenses supplémentaires: murs étanches, fermeture des ouvertures, etc. Le fait de loger le personnel à bord de la drague exige aussi des mesures spéciales (installations de sauvetage, habits de survie, ...) qui augmentent les coûts.

Les exigences de la garde côtière pour assurer la sécurité des navires prend aussi la forme de normes à respecter au niveau du trafic maritime. Ces exigences peuvent constituer des frais additionnels.

Tous ces éléments spécifiques influençant le dragage établissent une base de caractéristiques qui pourraient guider la répartition des équipements par secteurs. En adaptant les équipements et le personnel aux conditions particulières de chaque zone du fleuve, on peut assurer des bénéfices et une économie de moyens pour les entrepreneurs.

3.0 DESCRIPTION DES ÉQUIPEMENT
DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL

3.0 DESCRIPTION DES ÉQUIPEMENTS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL

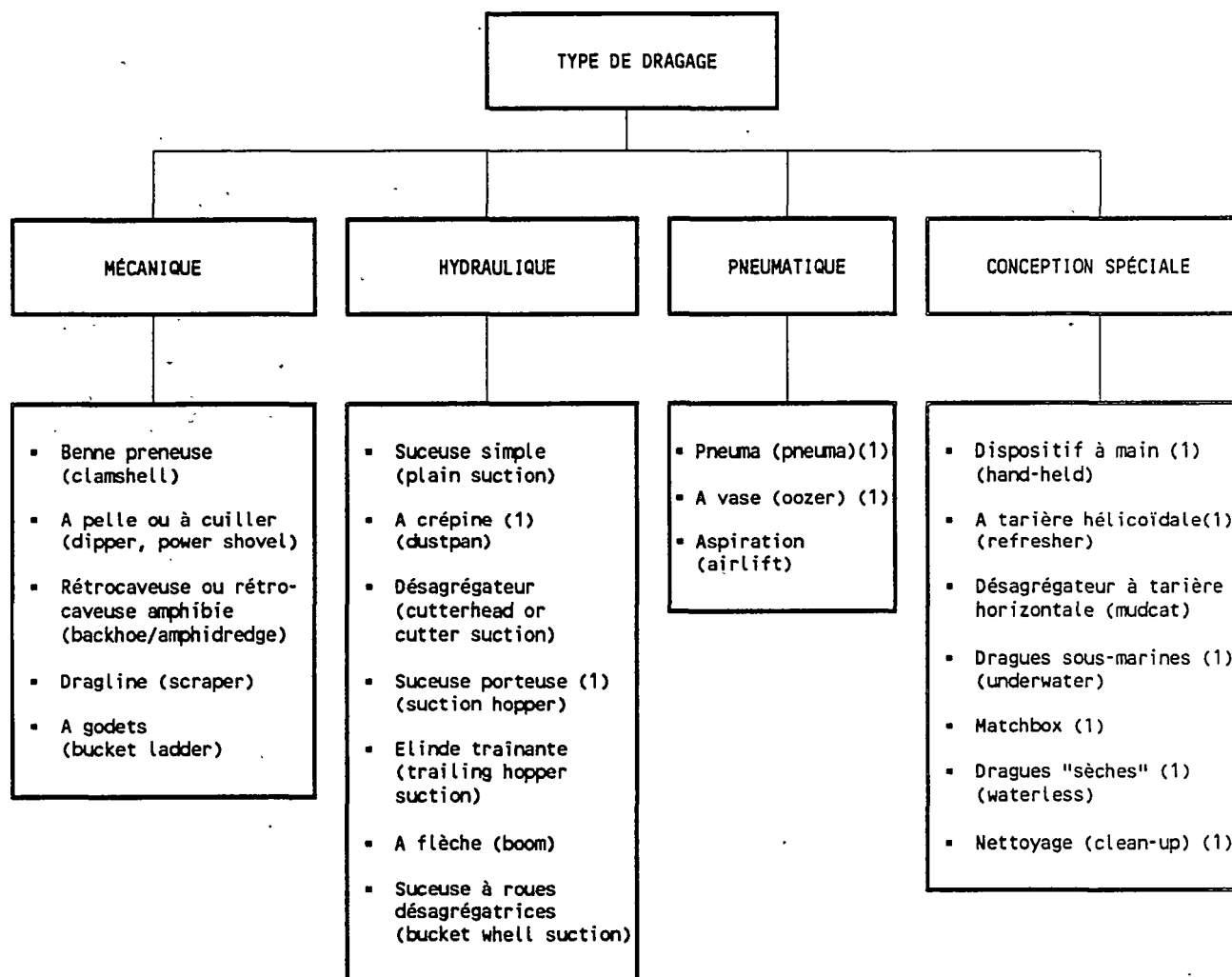
Il existe sur le marché une large variété d'équipements que les promoteurs peuvent utiliser pour la réalisation de leur travaux de dragage. Certains de ces équipements sont présents depuis longtemps sur le fleuve Saint-Laurent, d'autres n'ont jamais été utilisés parce que leurs caractéristiques ne sont pas adaptées aux conditions physiques et hydrodynamiques que l'on y trouve.

Il y a aussi des équipements qui ne sont pas utilisés sur le fleuve parce que les règlements et les lois canadiennes ne permettent pas l'allocation de contrats de dragage aux promoteurs dont les équipements ne sont pas fabriqués au Canada ou au Royaume-Uni.

Cette section donne une description du principe de fonctionnement, présente les avantages et les contraintes d'application et analyse des performances techniques et environnementales de tous les types de dragues. Cette approche a pour but de faciliter le choix de dragues adaptées au contexte du fleuve St-Laurent (surtout pour les projets de décontamination).

La classification des dragues dans le présent rapport est la plus courante (Thomas et al. 1985, Science Applications International Corporation (S.A.I.C.) 1985, Hayes et al. 1988, Bonham 1989, McLellan et al. 1989): dragues mécaniques, hydrauliques, pneumatiques et modèles de conception spéciale (Tableau 3.1).

TABLEAU 3.1: ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ
CANADIEN ET MONDIAL



(1) Dragues non actuellement disponibles au Canada et aux Etats-Unis.

3.1 Draques mécaniques

- Avantages

Les dragues mécaniques sont conçues pour les matériaux aussi bien durs que meubles. Elles retirent les sédiments par application directe d'une force mécanique sur le fond. Le grand avantage, c'est que les sédiments dragués conservent pratiquement la densité qu'ils avaient, ce qui réduit la quantité de matériaux à transporter, traiter et déposer. Les dragues mécaniques peuvent être opérées et manoeuvrées dans des zones restreintes et confinées et sont très utiles en présence d'obstacles et de débris (Bonham 1989).

- Inconvénients

Les dragues mécaniques laissent toujours un fond irrégulier et n'ont qu'un rendement modeste ($< 500 \text{ m}^3/\text{h}$) qui décroît à mesure que la profondeur augmente (Raymond 1984). Elles requièrent des barges et autres engins pour l'évacuation et le transport des matériaux dragués. De plus, elles sont rarement automotrices. Durant le travail dans un matériel fin (lâche et non cohésif), elles provoquent une importante remise en suspension des sédiments. Ainsi, leur application est limitée aux plans d'eau dont le courant est faible. Dans leur construction classique, elles sont inefficaces pour l'enlèvement des polluants liquides non absorbés ou à l'état libre (S.A.I.C. 1985). Finalement, le stationnement nécessaire à l'opération de dragues mécaniques peut constituer une nuisance pour la navigation.

Il existe 5 types différents de dragues mécaniques. Leur principe de fonctionnement, leur performances environnementales et les modifications techniques possibles pour mitiger les impacts sont présentés dans les sections suivantes.

3.1.1 Dragues à benne-preneuse ou à grappin à mâchoires

- Principe de fonctionnement

Ces dragues sont montées sur grue et sont utilisées pour extraire des sables et/ou des graviers. La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans le matériau à draguer sous l'effet de son poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Après la remontée, les produits du dragage sont déchargés en relâchant le filin fermant la benne (Figure 3.1).

- Avantages et contraintes d'application

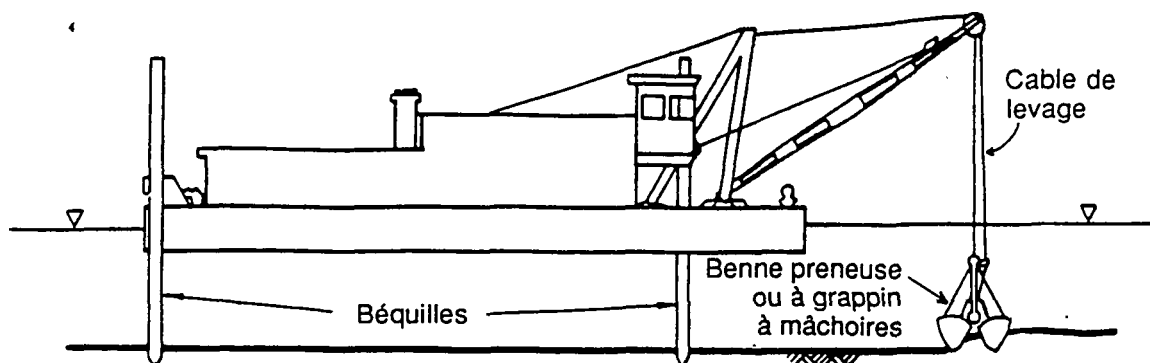
La drague à benne-preneuse est plus appropriée dans le cas de petits volumes à draguer surtout au niveau des installations portuaires ou des centres urbains où l'on retrouve généralement des infrastructures de déchargement nécessaires aux transbordements des sédiments transportés par les barges.

Le grand avantage des dragues à benne-preneuse, c'est la facilité de manoeuvre et du contrôle d'opération sur des surfaces restreintes. C'est un des types de drague les plus répandus dans le monde. Bonham (1989) répertorie 52 dragues de ce type au Canada.

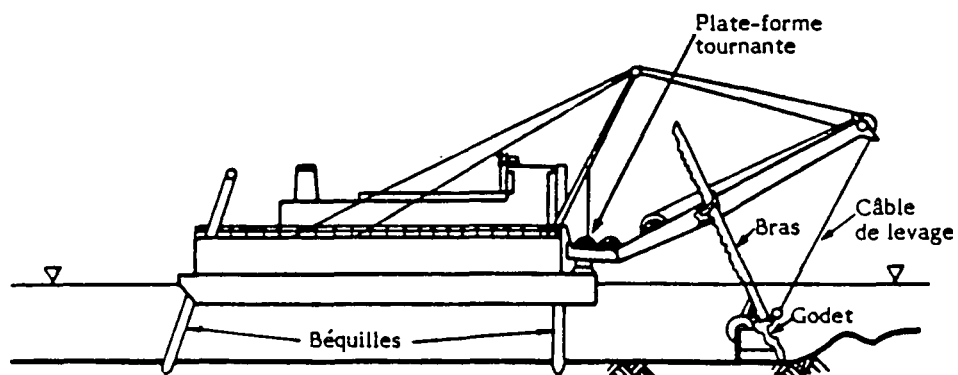
La longueur du câble de levage du grappin n'est pratiquement pas limitée et la plupart des dragues de ce type permettent de travailler à plus de 30 m de profondeur. Cependant, le courant peut constituer une limite à la profondeur du dragage, c'est-à-dire que la précision diminue avec la profondeur puisque la benne est emportée sans contrôle par le courant.

La drague à benne-preneuse est surtout efficace dans les sables et les graviers fins ainsi que dans les sites difficilement

DRAGUE À BENNE PRENEUSE (Hand et al., 1978)



DRAGUE À CUILLER (Hand et al., 1978)



accessibles. Son rendement diminue toutefois lorsque les sédiments sont plus grossiers. En effet, les gros cailloux peuvent empêcher la benne de se refermer complètement ce qui crée une fuite pour les sédiments plus fins à l'intérieur de la benne.

Elle peut travailler modérément dans les vagues et la houle.

Du fait que ces dragues nécessitent toute une infrastructure d'équipement de transport, les coûts d'énergie et d'entretien associés peuvent être plus élevés que pour d'autres types de drague. Par contre, la concentration en solide des matériaux excavés minimise les volumes à transporter, disposer ou traiter.

Souvent ce type de drague est encombrant pour la circulation maritime et exige un transport de sédiments par barge ou camion et présente un faible rendement: 20 à 30 cycles par heure selon la profondeur et les caractéristiques du substrat. La capacité des grappins à mâchoires varie de 0,75 à 9,0 m³ (Hayes et al. 1988, McLellan et al. 1989).

• Performance environnementale

Les dragues à benne-preneuse génèrent une resuspension importante des sédiments et donc augmente la turbidité. Cette situation se produit à toutes les étapes du dragage (Barnard 1978, Palermo et al. 1984, Hayes et al. 1986, McLellan et al. 1989):

- lors de l'impact de la benne sur le fond;
- lors du défonçage;
- à la montée du grappin d'où peuvent s'échapper les sédiments dragués;

- après le dragage parce que le fond dragué reste irrégulier et que les courants ont pris dans les aspérités.
- et dans le cas d'un déversement du trop-plein des barges .

La nature des sédiments (surtout ceux à granulométrie fine et de texture non cohésive), la vitesse de remontée de la benne vers la surface et à sa sortie de l'eau et l'état de celle-ci influencent aussi la perte de matériaux (Raymond 1984, Thomas et al. 1985, Hayes et al. 1988).

Des données prises sur le terrain (Barnard 1978) montrent qu'un panache de turbidité après dragage peut se répandre en moyenne jusqu'à quelque 300 m en aval à la surface, et à quelque 450 m près du fond. La concentration maximum de la remise en suspension des sédiments au site de dragage est de quelque 500 mg/l et elle diminue plus ou moins rapidement avec la distance en fonction de la vitesse du courant. Ce phénomène se produit à cause des effets de mélange et de sédimentation (Barnard 1978; Raymond 1984; Thomas et al. 1985; Bonham 1989).

• Mesures de mitigation

La remise en suspension des sédiments lors d'excavation à l'aide de dragues à benne-preneuse peut être contrôlée aux dépens de la production:

- en réduisant la vitesse d'approche de la benne du fond à excaver à moins de 2,0 pi/sec;
- en réduisant la vitesse à laquelle la remontée de la benne est faite;

- en renonçant à la pratique d'aplanir la surface excavée en trainant la benne (Philips et Malek 1987; Havis 1988).

L'utilisation d'un équipement électronique informatisé couplé à un logiciel de contrôle à écran visuel peut permettre le réglage automatique des vitesses de descente/remontée en fonction de la profondeur déterminée à chaque endroit.

La principale modification technique applicable à la drague à benne-preneuse consiste à augmenter l'étanchéité du système de fermeture des mâchoires demi-cylindriques (Figure 3.2).

Mis au point entre autres par la firme japonaise Mitsubishi Seiko, ce système présente l'avantage de réduire considérablement le lessivage et la perte de sédiments lors de la remontée de la benne permettant ainsi de réduire une des sources de turbidité de ce type de drague.

La benne étanche développée par la compagnie canadienne Dufresne et Sanivan a fait ses preuves dans la réduction de la remise en suspension des sédiments: la benne intérieure est enveloppée d'une coquille extérieure qui se referme autour de la benne intérieure après préhension des sédiments et avant la remontée dans la colonne d'eau. La coquille intérieure est maintenue sous vide, ce qui élimine en grand partie les fuites d'eau chargée de particules fines. L'aspiration est appliquée à partir du moment d'entrée de la benne dans les sédiments jusqu'à ce que le matériel soit déversé dans les barges prévues à cette fin.

Comparée à une drague à benne conventionnelle une drague à benne étanche de 1 m³ de capacité peut générer de 30 à 70 % moins de turbidité (Barnard 1978, Herbich et Brahme 1983). Dans une autre étude une drague à benne preneuse conventionnelle (9,1 m³) et une autre étanche (9,9 m³) ont été comparées. Les résultats du

POSITION OUVERTE ET FERMÉE D'UN GODET ÉTANCHE
DRAGUE À BENNE-PRENEUSE (Barnard 1978)

Figure 3.2

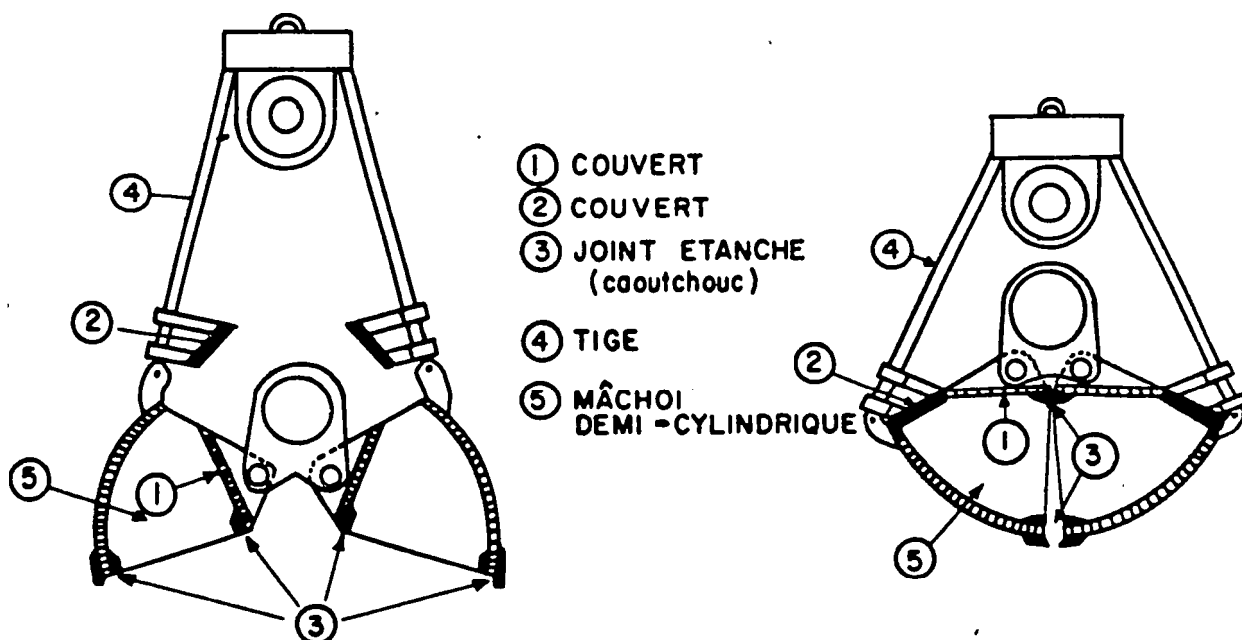


Tableau 3.2 indiquent que la benne étanche a permis de réduire de 39 à 78 % la turbidité dans la partie supérieure de la colonne d'eau (Palermo, Montgomery, Raymond 1984, Raymond 1984).

Les résultats inscrits au Tableau 3.2 corroborent ceux obtenus par Barnard (1978): les dragues à benne-preneuse étanches réduisent nettement les pertes de sédiments lors de la descente et surtout de la remontée de la benne.

La Figure 3.3 présente les quantités moyennes de M.E.S. trouvées à des différentes profondeurs. La benne étanche révèle effectivement une réduction de la remise en suspension des sédiments dans la partie supérieure de la colonne d'eau (Raymond 1984).

D'autres études comparatives plus récentes entre les dragues à benne preneuse étanche et conventionnelle concluent que la drague à benne étanche contribue significativement à la diminution du déversement et des pertes de sédiments dans la partie centrale et supérieure de la colonne d'eau qui causent principalement le panache de turbidité (Figure 3.4) (Hayes 1986).

McLellan et al. (1989) présentent une autre récapitulation des opérations de dragage provenant de quatre études de terrain comparant les dragues à benne-preneuse conventionnelles et étanches (Tableau 3.3). Les études ont été menées à Calumet River (Illinois), Black Rock Harbor (Connecticut), St-Johns

River (Florida) et Duwamish Waterway (Washington). Il est facile de constater que les concentrations et la taille des panaches provoqués par les dragues à benne preneuse sont très variables.

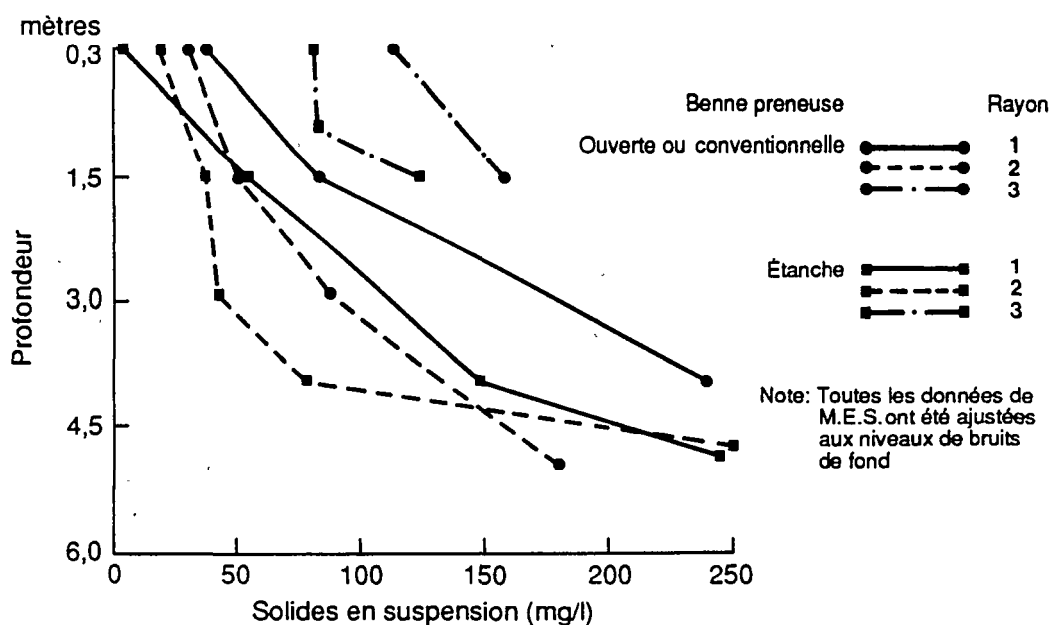
TABEAU 3.2: NIVEAUX MOYENS DE MATIERES EN SUSPENSION AJUSTES,
EN mg/l (Palermo et al. 1984)

RAYON	DRAGUE A BENNE PRENEUSE CLASSIQUE	DRAGUE A BENNE PRENEUSE ETANCHE	REDUCTION OU AUGMENTATION
PARTIE SUPERIEURE DE LA COLONNE D'EAU			
1	123	27	- 78
2	61	36	- 41
3	133	81	- 39
A PROXIMITE DU FOND (< 1,5 m)			
1	147	233	+ 158
2	122	300	+ 246
3	N/D	N/D	—

NIVEAU DE M.E.S. MOYENS DANS LES ÉCHANTILLONS PENDANT LE DRAGAGE À BENNE PRENEUSE

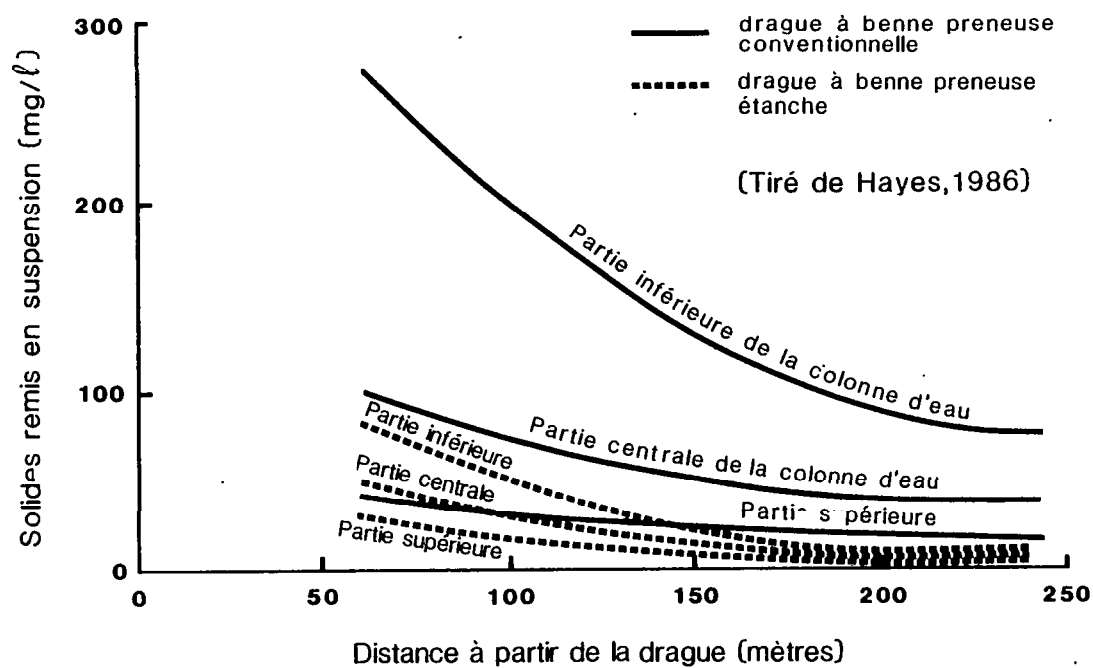
(Raymond, 1984)

Figure 3.3



**COMPARAISON DES QUANTITÉS DE SÉDIMENTS REMIS EN SUSPENSION
PAR DES DRAGUES À BENNES PRENEUSES CONVENTIONNELLE ET ÉTANCHE
DANS LA RIVIÈRE ST-JOHN'S EN FLORIDE**

Figure 3.4



TABEAU 3.3: RESUME DES RESULTATS D'ETUDES SUR LES DRAGUES A
BENNE PRENEUSE (McLellan et al. 1989)

ETUDE	TYPE DE BENNE	BRUIT DE FOND S.S.TOT. mg/l		MINIMUM-MAXIMUM CONTOUR mg/l	RATIO DE LA CONCENTRATION AU BRUIT DE FOND	SUPERFICIE EN PANACHE AU FOND EQUIVALENTE A 4 X LE BRUIT DE FOND ha
		surface	fond			
Calumet River	conventionnelle	10	12	20-140	11,7	1,4
Black River	conventionnelle	45	69	80-1100	15,9	5,8
Duwamish Waterway	conventionnelle	11	26	20-160	6,1	—
St-Johns River	conventionnelle	47	72	70-480	6,7	0,208
	étanche	47	72	50-380	5,0	0,80

Néanmoins, le dragage à l'aide de toutes les bennes preneuses affecte l'ensemble de la colonne d'eau avec des quantités de solides totaux en suspension qui diminuent à mesure qu'on s'approche du fond.

L'accroissement de la turbidité près du fond, crée en grande partie par le surplus de pression exercé par la benne étanche sur les sédiments lors de sa fermeture, pourra être partiellement réglé par le contrôle (réduction) de la vitesse de fermeture.

Si des rebuts empêchent la fermeture, la benne peut alors être réintroduite dans l'eau à proximité du fond et le processus recommencé (Penne Kamp & Quaak, Mss. à être publié).

Le système étanche n'est efficace que dans les sables ou les sédiments fins et mous. Il présente également le désavantage de retenir une plus forte proportion d'eau, susceptible d'augmenter les volumes de dépôt et les pertes par déversement du trop-plein des barges durant le transport (Hayes et al. 1988; McLellan et al. 1989).

Bien que les chercheurs japonais aient constaté qu'une certaine remise en suspension se produit en fonction de la vitesse de levage (de la benne) et de la profondeur de la coupe, le facteur qui contribue le plus à la diminution des matières en suspension (M.E.S.) est l'étanchéité de la benne. Cependant, l'usage de la benne étanche développée par les japonais est limitée au dragage des sédiments mous et dépourvus de débris.

Les conceptions modernes incluent l'usage de bordures en forme de languette et rainure pour résoudre les problèmes d'étanchéité. Un autre modèle développé au Canada (avec chambre vacuum ou équilibré) permet une meilleure étanchéité et est moins affecté par la présence de débris; le taux de production est toutefois moins élevé.

3.1.2 Dragues à pelle ou à cuiller

Les dragues à cuiller sont souvent utilisées pour l'extraction de roches brisées tendres et de dépôts sédimentaires denses immergés (Figure 3.1). Ces dragues servent le plus souvent à des fins particulières et tout spécialement à des travaux lourds tels que l'élimination d'anciennes constructions portuaires, de digues, de couches de pierres.

• Principe de fonctionnement

Cette drague est essentiellement une pelle mécanique montée sur ponton. Les traits distinctifs de ce type de drague sont: le godet, le bras porte-godet, le mécanisme qui actionne le godet et la fêche supportant et guidant le bras et montée sur un plateau tournant.

Quand la drague travaille, le godet est poussé dans le matériau à draguer et le matériau ainsi dragué est déversé dans des barges ou chalands amarrés bord à bord.

Le ponton est pourvu de deux pieux avant et d'un pieu arrière. Les deux pieux avant sont utilisés pour soulever le ponton au-dessus de sa position normale, ce qui donne à la drague une position rigoureusement fixe et permet d'absorber les réactions en cours d'opération.

• Avantages et contraintes d'application

Pour l'extraction de roches brisées tendres et les dépôts sédimentaires mous, la drague mécanique à cuiller est avantageuse. On l'utilise fréquemment pour l'enlèvement d'anciennes

constructions portuaires et de digues. Le résultat du dragage avec une cuiller est uniforme car la cuiller traite le sol par couche.

Dans les matériaux où d'autres types de drague peuvent opérer assez facilement, le rendement de ce type de drague est comparativement très faible ou même mauvais (S.A.I.C. 1985, Bonham 1989). Le dragage avec ce type d'équipement est difficile par mauvais temps .

En raison de la construction de ce type de drague, la profondeur de dragage maximale ne dépassera généralement pas 15 à 16 m. Les divers types comprennent des dragues avec des godets d'un volume qui varie de 1,5 à 12 m³. Les dragues à cuiller fonctionnent à la cadence de 30 à 60 cycles par heure (AIPCN 1977, S.A.I.C. 1985).

- Performance environnementale

La drague mécanique à cuiller produit des pertes importantes de matériaux fins lors de la remontée du godet entraînant une remise en suspension des sédiments (Bonham, 1989).

- Mesures de mitigation

Dans la littérature, on ne fait pas mention de modification technique applicable à la drague à cuiller susceptible de réduire la remise en suspension des sédiments.

3.1.3 Draques rétrocaveuses flottantes ou amphibies

- Principe de fonctionnement

La drague rétrocaveuse étant à l'origine un excavateur opérant sur terre, elle peut être installée, même pourvue des chenilles, sur le pont renforcé d'un chaland ponté. Le godet de la drague est attaché d'une façon rigide à un bras articulé sur la flèche et pendant qu'il opère il est tiré vers la drague (Figure 3.5).

La drague rétrocaveuse est de plus en plus populaire aux Etats-Unis et au Royaume-Uni. Aux Pays-Bas, on a conçu un petit type de drague nommé drague "amphidredge" ou pelleteuse amphibie et, pouvant être utilisée soit comme drague rétrocaveuse, soit comme drague à benne-preneuse (A.I.P.C.N. 1977).

Certains types de drague à pelle rétrocaveuse sont également équipés d'une hélice et peuvent opérer de façon autonome dans des zones marécageuses où les dragues se propulsent d'elles-mêmes. Les produits de dragage sont déposés sur les rives ou dans des chalands.

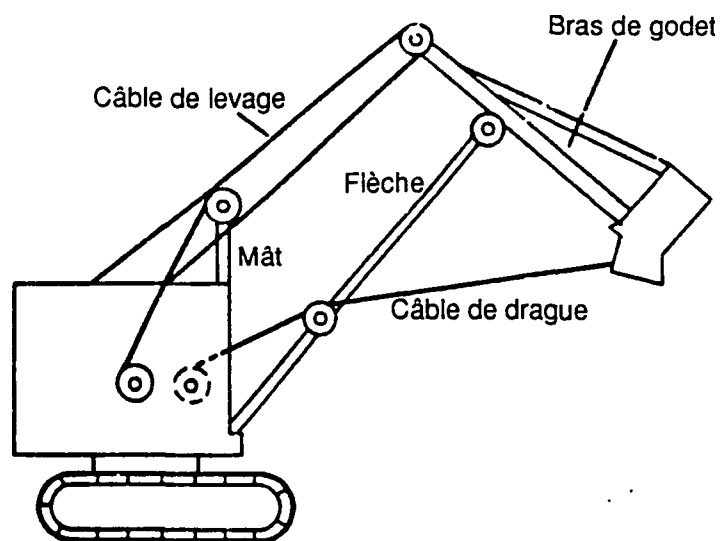
- Avantages et contraintes d'application

La drague rétrocaveuse est un instrument très souple, puisqu'elle peut opérer comme excavateur (sur terre) et comme drague (dans l'eau) dans des aires difficile d'accès. Les pièces de rechange sont facilement disponibles pour ce type d'équipement.

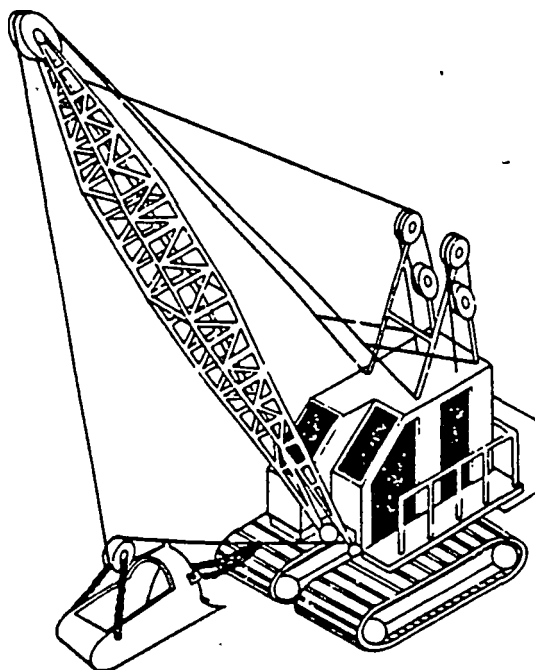
De plus, cet engin peut opérer dans une large gamme de sols ou sédiments: petits cailloux, gravier, sable grossier, sable cohésif et argile compacte.

La rétrocaveuse peut normalement opérer jusqu'à une profondeur de quelque 12,0 m. Cependant, certaines de ces rétrocaveuses ont

PELLE RÉTROCAVEUSE (SAIC, 1985)



UNE DRAGLINE (SAIC, 1985)



été construites pour pouvoir draguer jusqu'à une profondeur de 18 m (S.A.I.C. 1985). Elles sont habituellement équipées de godets dont le contenu varie de 1 à 5 m³. La petite drague "amphidredge" est équipée de petits godets dont le volume varie de 0,15 à 0,5 m³.

Comme les autres dragues mécaniques, elles offrent un faible rendement, peuvent présenter un obstacle pour la navigation, et requièrent souvent une infrastructure importante pour la mise en dépôt des déblais de dragage (A.I.P.C.N. 1977).

Finalement, les mouvements latéraux et verticaux limités sont peu propices à l'excavation de sédiments contaminés.

- Performance environnementale

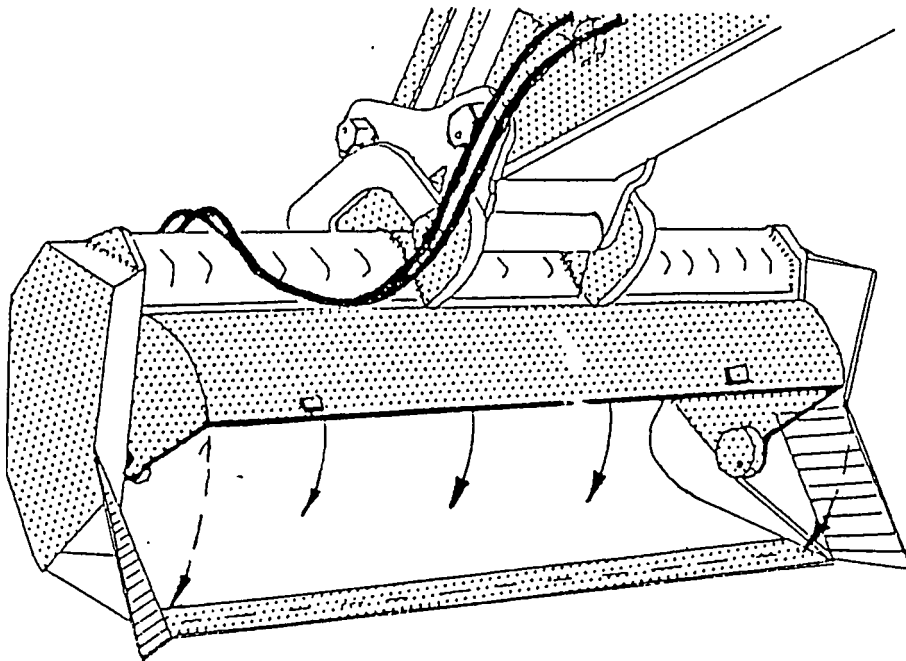
Les sédiments excavés peuvent retomber du godet et provoquer la remise en suspension de matière. Par le mouvement latéral et vertical limité de la pelle rétrocaveuse et par les pertes importantes de matériel dragué, ce type de drague n'est pas utilisé pour les sédiments fins et/ou contaminés (S.A.I.C. 1985).

- Mesures de mitigation

La compagnie HAM de Hollande (Van Oord, communication personnelle, 1989) a mis au point un système spécial de fermeture de la pelle. Pour les sédiments contaminés, cette mesure réduit significativement les pertes. La Figure 3.6 illustre le principe de fermeture actionné hydrauliquement sur une drague rétrocaveuse. Ce système est utilisé présentement pour le nettoyage du port de Rotterdam.

**MÉCANISME HYDRAULIQUE DE FERMETURE SUR
UNE DRAGUE RÉTROCAVEUSE**

Figure 3.6



Source: International dredging contractors operating
company of hbg, 1989

3.1.4 Dragues du type dragline

- Principes de fonctionnement

Ces dragues sont, comme les dragues rétrocaveuses, dérivées d'engins utilisés sur terre et sont équipées de roues (unités légères) ou de chenilles (unités lourdes). Pour draguer, elles sont simplement installées sur des pontons ou dans des chalands. (Figure 3.5).

- Avantages et contraintes d'application

Ces dragues sont utilisées en Amérique du Nord pour aménager les talus des rives et pour construire de petits canaux de drainage.

Les rétrocaveuses de type Dragline peuvent opérer en eau peu profonde et excaver une grande variété de matériaux.

Comme les autres types de dragues mécaniques, le rendement de cette rétrocaveuse est faible et des équipements auxiliaires sont requis pour le transport des sédiments.

- Performance environnementale

En raison de leur inconvénient principal, à savoir la perte d'une grande quantité de matériaux pendant l'excavation, les dragues de ce type ne sont pas beaucoup utilisées et sont presque inconnues en tant qu'engin de dragage dans d'autres parties du monde. Leur utilisation se limite au cours d'eau à faible vitesse de courant et aux sédiments grossiers (non fins) et non contaminés.

- Mesures de mitigation.

Aucune modification technique de la drague mécanique rétrocaveuse de type Dragline, dans le but de réduire les impacts sur l'environnement, n'a été répertoriée dans la littérature.

3.1.5 Draques à godets

- Principe de fonctionnement

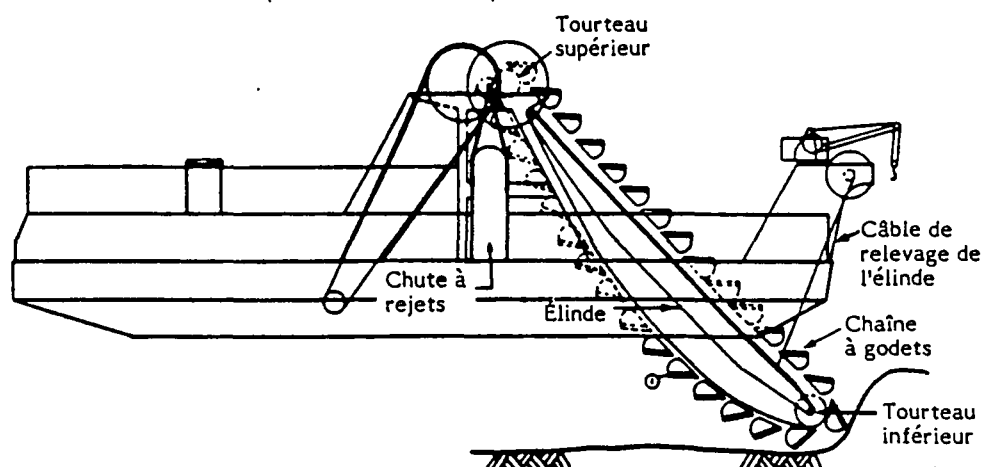
Ces dragues comprennent une chaîne à godets montée sur une élinde qui tourne autour de 2 tourteaux (Figure 3.7). Les matériaux sont excavés lorsque les godets tournant autour du tourteau inférieur, sont remontés vers le tourteau supérieur d'où ils se déversent dans un puits à déblais. La plupart des dragues à godets sont du type ponton et non automotrices.

- Avantages et contraintes d'application

La drague à godets traite le sol par couches horizontales, ce qui donne un fond uniforme. Elle est adéquate pour les travaux d'entretien et pour les travaux de construction. Cet engin offre aussi de larges possibilités du point de vue des sédiments:

- équipé de godets pour matériaux durs et rocheux (godets à crocs ou dents); ou
- équipé de godets normaux: cailloux, gravier, sable fin cohésif, limon, argile. Le rendement de ces dragues est généralement plus élevé que d'autres dragues mécaniques. La drague à godets est très efficace pour charger les chalands dans les cas où les déblais doivent être transportés sur de longues distances.

DRAGUE À GODETS (Hand et al., 1978)



Par contre, à cause de son système d'amarrage et de chargement des chalands, cette drague constitue un obstacle sur les voies navigables. La profondeur maximale de dragage ne peut pas dépasser 20 à 22 mètres et le volume de chaque godet varie de 0,08 à 1,00 m³ (S.A.I.C. 1985, Bonham 1989).

Cette drague ne semble pas se prêter aux activités en mer. Elle est très sensible à la houle et nécessite beaucoup d'équipements auxiliaires et un système d'ancrage compliqué. Finalement le système à godet est très bruyant et énergivore.

- Performance environnementale

La remise en suspension est très forte pour ce type de drague particulièrement pour les sédiments fins (Bonham 1989). Lors du remplissage de la chaîne à godets, le trop-plein de sédiments est déversé sur toute la colonne d'eau. Ce type d'équipement n'opère plus dans l'est du Canada et son importation ne devrait pas être encouragée pour les considérations environnementales énumérées.

- Mesures de mitigation

Afin d'accroître la performance environnementale, une attention particulière doit être accordée au maintien d'une tension juste assez lâche de la chaîne à godets. Le réglage de l'échappement de l'air lors de la descente des godets peut éliminer une bonne partie de la turbidité.

Un contrôle du pivot, de l'avancement, du nombre de godets par minutes et de la hauteur du banc devrait être exercé. Aussi un bon entretien de la chute peut limiter l'importance des fuites. Une barge devrait être gardée en permanence à proximité de la chute afin de prévenir ces fuites (Pennekamp et Quaak, MSS. en cours de publication).

3.2 Dragues hydrauliques

Les dragues hydrauliques aspirent et refoulent les sédiments sous forme de boues liquides. Elles sont généralement montées sur des barges équipées de pompes centrifuges commandées par moteur diesel ou électrique avec tuyaux de refoulement de 15 à 122 cm de diamètre. Les boues liquides, contenant généralement 10 à 20% de matières solides en poids sont souvent évacuées à grande distance du site d'extraction par des pipelines montés sur flotteurs. Les autres méthodes utilisées pour l'évacuation des matériaux de dragage sont le déchargement latéral, le chargement dans des barges ou des chalands et le chargement dans les puits à déblais installés à bord.

• Avantages

Les dragues hydrauliques sont plus rapides que les dragues mécaniques; les plus grandes peuvent excaver jusqu'à 11 500 m³ de matériaux à l'heure. Leur performance sur le plan de la remise en suspension des sédiments est également plus élevée que celle des dragues mécaniques. A l'inverse de ces dernières le principe d'aspiration des dragues hydrauliques permet des applications non limitées par la vitesse du courant.

L'évacuation directe du mélange eaux - déblais de dragage par pipelines, jusqu'au site d'élimination réduit localement la manipulation des matériaux pollués et les risques d'exposition. Récemment un traitement du mélange eau-sédiments pour la réduction des volumes et du risque de contamination a été envisagé. De plus, cette technique facilite le transport sur de longues distances.

- Inconvénients

L'évacuation du mélange eau-déblais implique parfois des mesures spéciales concernant le site de dépôt. Lorsque les sédiments contiennent des gaz, les pompes peuvent être affectées (des explosions se produisent). On palie à ce problème en ajoutant une chambre de compression dans la conduite d'aspiration.

Il existe 7 types de dragues hydrauliques. Leurs principes de fonctionnement, leurs avantages et leurs contraintes d'application, leurs performances environnementales et les mesures de mitigation possibles de l'impact sur la remise en suspension des sédiments sont présentés dans les sections qui suivent.

3.2.1 Dragues suceuses ou aspiratrices

- Principe de fonctionnement

La drague suceuse (ou aspiratrice) opère par succion produite à l'aide d'une pompe centrifuge pour déloger, aspirer et transporter le sol ou les sédiments (Figure 3.8).

Ces dragues pompent un mélange eau-sédiments, composés de 80 à 90% d'eau et leur rendement est proportionnel au diamètre des élinde, à la puissance de la pompe, à la vitesse de déchargement et à la nature des matériaux dragués.

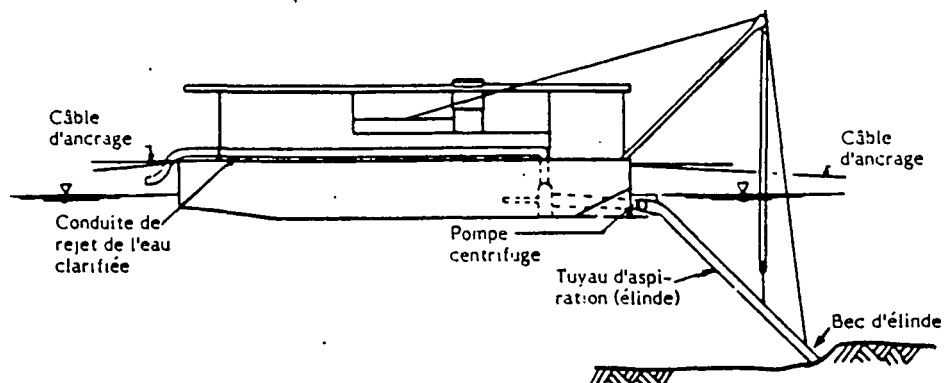
- Avantages et contraintes d'application

Les dragues suceuses ordinaires existent sous une grande variété de dimensions et de puissances. Elles sont généralement utilisées pour l'extraction de la boue, des sables (peu compacts), des graviers et parfois des petits cailloux. Ces engins sont efficaces pour pomper des matériaux en suspension situés à

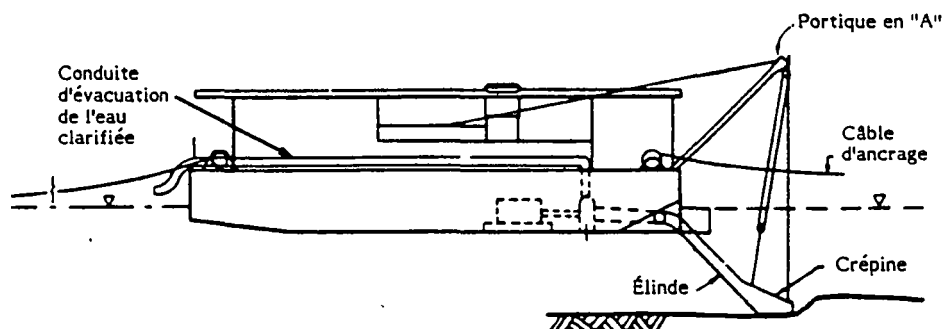
DRAGUE SUCEUSE SIMPLE, DRAGUE DE TYPE "DUSTPAN" ET DRAGUE SUCEUSE DÉSAGRÉGATRICE

Figure 3.8

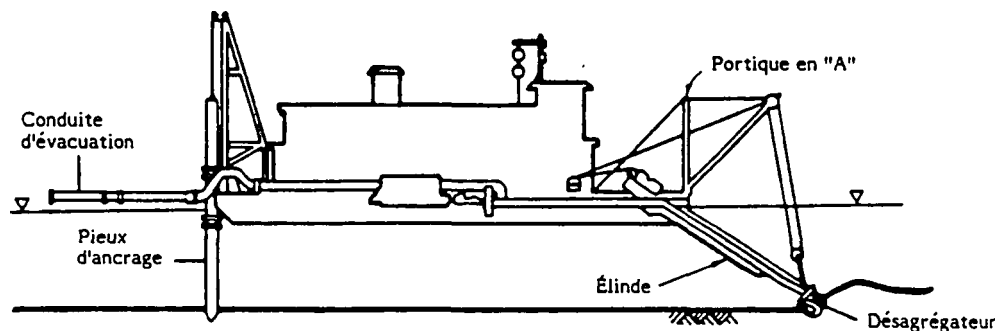
DRAGUE SUCEUSE ORDINAIRE (Hand et al., 1978)



DRAGUE À CRÉPINE DE TYPE DUSTPAN (Hand et al., 1978)



DRAGUE SUCEUSE DÉSAGRÉGATRICE (Hand et al., 1978)



l'interface eaux/sédiments comme le sable fin, la vase ou les sédiments meubles. Comparée à toute autre drague de même puissance, pour les matériaux sans cohésion, le rendement de la drague suceuse simple est supérieur. Elles sont aussi efficaces pour les sédiments contaminés.

De grands volumes de mélange eau-sédiments peuvent être pompés. Dans des conditions normales de travail, le rendement moyen actuel est compris entre quelque 700 à 7 700 m³/h du mélange eau-sédiments.

Toutefois, les câbles d'ancrages et les conduits de refoulement représentent souvent un obstacle pour la navigation (A.I.P.C.N. 1977, S.A.I.C. 1985). Les dragues suceuses montées sur barges s'adaptent difficilement au travail dans des eaux agitées.

Le grand désavantage de ces dragues, c'est qu'elles engendrent le besoin de vastes terrains pour la décantation et un drainage important des déblais de dragage.

On a noté que les débris occasionnent parfois le colmatage de la conduite d'aspiration engendrant des bris mécaniques fréquents. Le rendement de la suceuse simple diminue avec la profondeur car la pompe centrifuge, à l'origine de la succion, doit tirer les sédiments sur une plus longue distance. Ce problème peut être contourné en utilisant une pompe submersible que l'on attachera près de la tête d'aspiration. Le jumelage de la pompe à l'élinde permet d'atteindre des profondeurs presque illimitées.

• Performance environnementale

La drague suceuse simple peut servir, si elle est maniée avec beaucoup d'attention, au dragage des sédiments fins ou pollués, sans risque de provoquer trop de turbulence. Si le site de

déversement devant recevoir ce genre de sédiments n'est pas proche, une drague suceuse refoulant en chalands peut être une solution acceptable pour les petits volumes de résidus. En effet le mélange d'eau et de sédiments fins ou pollués peut être alors transporté sur de longues distances jusqu'aux lieux de dépôts mieux adaptés pour les recevoir (A.I.P.C.N. 1977; S.A.I.C. 1985). Cette solution n'est sûrement pas envisageable pour des quantités de sédiments moyennes ou grandes.

Pour la décantation et le drainage des déblais contaminés, les superficies requises pourraient poser une contrainte.

• Mesures de mitigation

Récemment, l'emphase de la recherche a été mise sur le développement de dragues hydrauliques capables de draguer les sédiments avec une plus grande concentration en solides. La diminution des teneurs en eau dans les boues pompées aura pour effet de réduire en superficie les aires de dépôt et de décantation des sédiments (S.A.I.C. 1985).

La principale modification technique à apporter, concerne le contrôle de la profondeur à laquelle la succion est effectuée. Un contrôle précis et une manoeuvre automatisée peuvent assurer une densité maximale au mélange eau/sédiments résultant du dragage. Ce contrôle peut réduire aussi les pertes autour de la conduite d'aspiration.

Un modèle unique de pelle-suceuse a été développé en Finlande pour effectuer des travaux de petite envergure et augmenter la teneur en solide des sédiments pompés. Il s'agit d'une pelle hydraulique dans laquelle deux ouvertures aspirent les sédiments. Idéale pour les travaux d'entretien à vocation récréative, pour le contrôle des débits de rivières, pour l'entretien de canaux étroits, etc., cette drague permet d'opérer dans les aires

difficiles d'accès. Elle est auto-propulsée, portative et amphibie. La drague "Watermaster" a cependant une profondeur de dragage limitée à 3,85 m.

3.2.2 Dragues à crépine ou de type "Dustpan"

• Principe de fonctionnement

Il s'agit d'une drague suceuse hydraulique équipée d'une crépine évasée sur laquelle sont fixées des jets d'eau à forte pression (Figure 3.8). Les jets ramollissent les sédiments qui sont ensuite aspirés par la crépine à mesure que la drague avance. Elle opère au moyen d'une pompe submersible à grand débit et de faible hauteur d'aspiration, étant donné que le matériau dragué n'est aspiré que de quelques mètres et que la distance jusqu'au lieu de dépôt est courte. Elles sont utilisées principalement pour l'entretien des canaux de navigation dans les eaux intérieures.

• Avantages - contraintes d'application

La drague du type "Dustpan" est automotrice et permet ainsi un déplacement rapide entre les chantiers, mais une fois qu'elle a été placée en position de dragage, elle opère à peu près de la même façon que les dragues suceuses stationnaires. Son contrôle est précis en présence de sédiments compacts (Haller 1982).

Le diamètre des élinde varie de 0,6 à 1,2 m. Le rendement d'une drague à crépine munie d'élinde de 0,8 m est de 2 676 m³/h et elle opère sur de grands volumes.

La profondeur maximale de dragage est de 18 m (Haller 1982). Ces engins ne sont pas facilement disponibles (il en existe 12 aux Etats-Unis qui appartiennent au U.S. Army Corps of Engineers).

- Performance environnementale

La perte en sédiments dans l'eau est relativement faible. Les jets sous pression des dragues à crépine ou de type "Dustpan" permettent de draguer des sédiments plus cohésifs, mais il produisent en revanche une remise en suspension considérable des sédiments dans la partie inférieure de la colonne d'eau (Bonham 1989, McLellan et al. 1989). Cependant, Herbich (1981) et d'autres chercheurs ont constaté que la remise en suspension et la turbulence provoquée par l'opération de dragage se limitent aux environs de la crépine (Bonham 1989, McLellan et al. 1989).

- Mesures de mitigation

En 1982, le U.S. Army Corps of Engineers a mis sur pied un projet expérimental utilisant une drague de type "dustpan" dont la tête fut modifiée. La crépine a été démunie des jets d'eau, et la drague devait excaver dans des sédiments fins contaminés dans le James River en Virginie (Raymond 1984). Cette crépine modifiée a cependant provoqué des obstructions répétées et autant de remise en suspension qu'une drague désagrégratrice dans le même type de sédiments (Raymond 1984).

3.2.3 Dragues suceuses à désagrégrateur

- Principe de fonctionnement

La caractéristique de cette drague est qu'elle est dotée d'un puissant appareil rotatif de dragage mécanique (désagrégrateur) monté à l'embouchure de l'élinde (Figure 3.8). La Figure 3.8 présente en fait la même drague munie de trois équipements différents à la tête de suction. Le désagrégrateur concasse les matériaux durs et cohésifs en une boue liquide (dont le pour-

centage de solides s'élève de 10 à 20%) avant qu'elle ne soit aspirée dans le tuyau d'aspiration.

La drague désagrégatrice est équipée de deux pieux qui tiennent la drague lorsqu'elle travaille et qu'elle avance vers la surface à excaver. Pendant le dragage, cet engin décrit un arc d'un côté à l'autre utilisant successivement les pieux à babord et tribord comme pivots (Figure 3.8). Les câbles rattachés aux ancrs de chaque côté de la drague contrôlent le mouvement latéral. Le mouvement en avant se fait en baissant les pieux à tribord après que l'arc décrit par celui de babord soit achevé.

Lorsque le désagrégateur est en position de repos, l'appareil peut opérer comme une drague suceuse ordinaire.

L'efficacité du dragage dépend de l'équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la succion hydraulique. La variabilité du rendement est fonction aussi de la granulométrie du matériau dragué, de la profondeur d'excavation et de la taille de la drague (Figure 3.9).

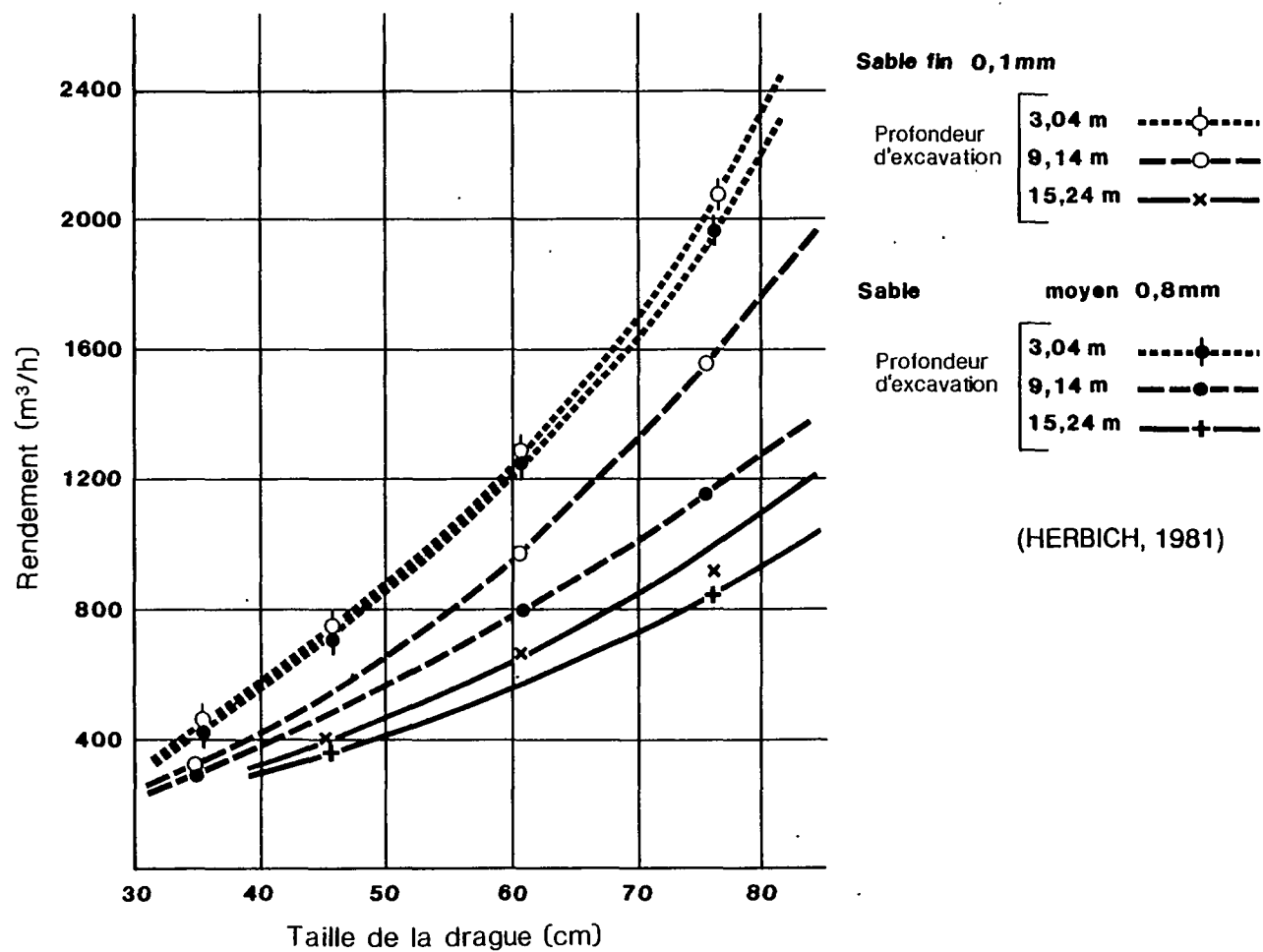
Il existe plusieurs types de têtes désagrégatrices adaptées aux différents types de sédiments (Figure 3.10). La première est surtout utilisée pour les sédiments meubles (sable, argile). La deuxième est munie de lames amovibles s'ajustant à la taille des sédiments (on ajoute ou on retire des lames pour favoriser ou réduire l'accès). On évite ainsi le blocage de la pompe. La dernière tête est adaptée aux sédiments denses, au roc, à la moraine et au sable dur (Huston, 1970).

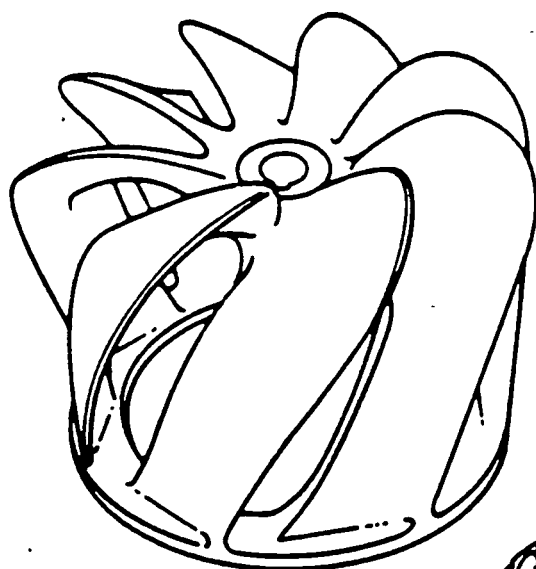
• Avantages et contraintes d'application

Les dragues de ce type sont les plus populaires et sont utilisées dans le monde entier principalement à cause de leur rendement et de leur versatilité. Ces dragues peuvent excaver et pomper aussi

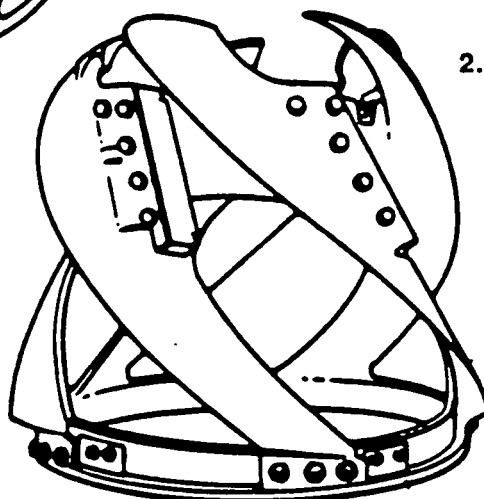
RENDEMENT TYPIQUE DE DRAGUES SUCEUSES DÉSAGRÉGATRICES (m³/h)

Figure 3.9

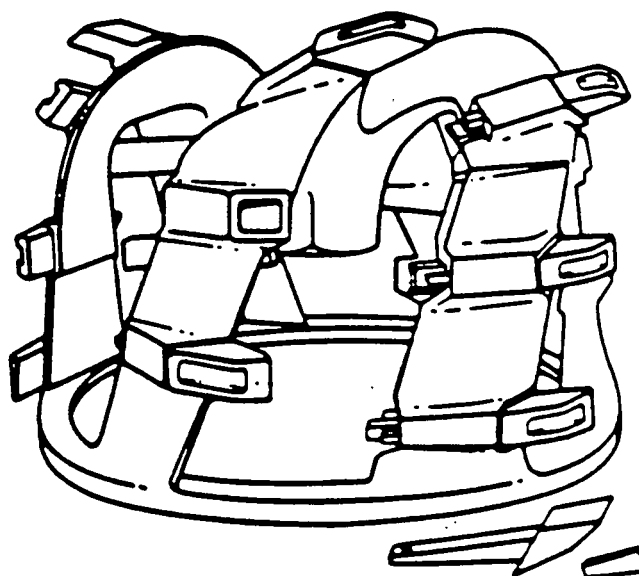




1. PANIER FERMÉ



2. PANIER OUVERT



3. PANIER FERMÉ À LAMES AMOVIBLES

bien des dépôts de matériaux alluviaux que des dépôts compacts ou de l'argile. Les dragues suceuses à désagregateur sont aussi bien utilisées pour les dragages d'entretien pour la construction de quais. Il existe des dragues suceuses à désagregateur de diverses dimensions et puissances. On en trouve même des portatives ou démontables.

De plus la drague suceuse désagregatrice possède un mouvement précis traitant le sol par couches et donnant ainsi un fond uniforme. Le diamètre de l'élinde varie de 15 à 76 cm avec des rendements compris entre 19 et 1 900 m³/h (Herbich 1981).

Il est difficile d'opérer la drague suceuse désagregatrice en présence de vagues importantes. Ces dragues opèrent généralement sur des plans d'eau où la hauteur des vagues est inférieures à 0,90 m. Certaines d'entre elles ont pourtant été conçues pour opérer sur des plans d'eau où les vagues atteignent 1,8 m (S.A.I.C. 1985). La profondeur de dragage varie de 3,6 à 15 m et peut atteindre jusqu'à 30 m.

Les matériaux excavés transportés sur de longues distances requièrent des pompes de refoulement. Le système d'ancrage dans les sédiments mous et les bateaux auxiliaires, en plus d'entraîner la remise en suspension des sédiments constituent des obstacles pour la navigation.

• Performance environnementale

Des études de terrain menées dans le James River en Virginie (Raymond, 1984) et dans le Savannah River, Ga. (Hayes et al 1984 cité par Hayes 1986) indiquent que la drague désagregatrice peut enlever efficacement les sédiments tout en limitant la remise en suspension aux alentours immédiats de la drague.

La concentration des solides en suspension générée par une drague désagrépatrice en opération est de l'ordre de 10 à 300 mg/l aux alentours du désagrégateur et varie de quelques mg par litre à une distance de 300 m à 600 m de la drague (Raymond 1984; Hayes et al. 1988). Le panache crée par les solides en suspension demeure restreint dans la portion inférieure de la colonne d'eau (Havis 1988).

Koba et Shiba (1984) ont analysé les facteurs causant la remise en suspension des sédiments à l'aide d'une étude sur modèle réduit. Ils ont conclu que les pertes de sédiments dépendent de la direction de rotation du désagrégateur et que la remise en suspension à proximité du désagrégateur est causée d'une part, par les matières en suspension disséminées d'une façon radiale autour du désagrégateur et d'autre part par les andains, (plages de résidus restées dans l'espace excavé).

Kaneko et al. (1984) affirment de leur côté que les facteurs qui influencent la turbidité causée par cette drague sont:

- la portion inférieure du godet désagrégateur lorsque la drague opère en eau peu profonde ou par couches épaisses;
- la concentration en sédiments dans le mélange excavé. Plus le sable est dense et compact, plus petite sera la concentration de sédiments remis en suspension;
- la compétence des opérateurs de dragues. Ils doivent être en mesure d'évaluer l'épaisseur des sédiments à draguer afin de maintenir un bon équilibre des conditions d'opération et d'efficacité.

Herbich et de Vries (1986) cités par Andrassy et Herbich (1987), ajoutent que:

- la quantité de solides totaux en suspension augmente avec la vitesse de la pointe du désagréateur;
- la totalité des solides en suspension à la bordure du désagréateur augmente, et diminue à proximité de l'excavation avec un angle croissant de la crépine;
- la totalité des solides en suspension sur un plan horizontal adjacent au désagréateur augmente, lorsque le pourcentage de coupe diminue de 100 à 60 %;
- la quantité de solides totaux en suspension au-dessus du désagréateur est très faible. Cela indique que le nuage de remise en suspension demeure près du fond.

La comparaison d'une drague suceuse désagréatrice et d'une drague à benne preneuse par le U.S. Corps of Engineers (Havis 1988) a montré que les solides totaux en suspension créés par la benne preneuse sont nettement supérieurs (jusqu'à dix fois). De plus elle distribue les sédiments sur toute la colonne d'eau.

Raymond en 1983 avait aussi comparé la drague suceuse désagréatrice à la drague à benne preneuse sur le critère de la remise en suspension en présence de sédiments fins (Raymond 1984). La benne-preneuse présente des performances environnementales moins bonnes comme l'indique le Tableau 3.4. On voit que les concentrations de sédiments sont comparables près du fond pour les deux types de dragues, mais que près de la surface, la drague suceuse désagréatrice produit un impact moindre.

A la Figure 3.11 la ligne de contour de 50 mg/l pour les deux types de drague illustre le même phénomène.

TABLeAU 3.4: LES EFFETS D'UNE DRAGUE A BENNE PRENEUSE ET D'UNE DRAGUE SUCEUSE DESAGREGATRICE OPERANT DANS DES SEDIMENTS A GRANULOMETRIE FINE

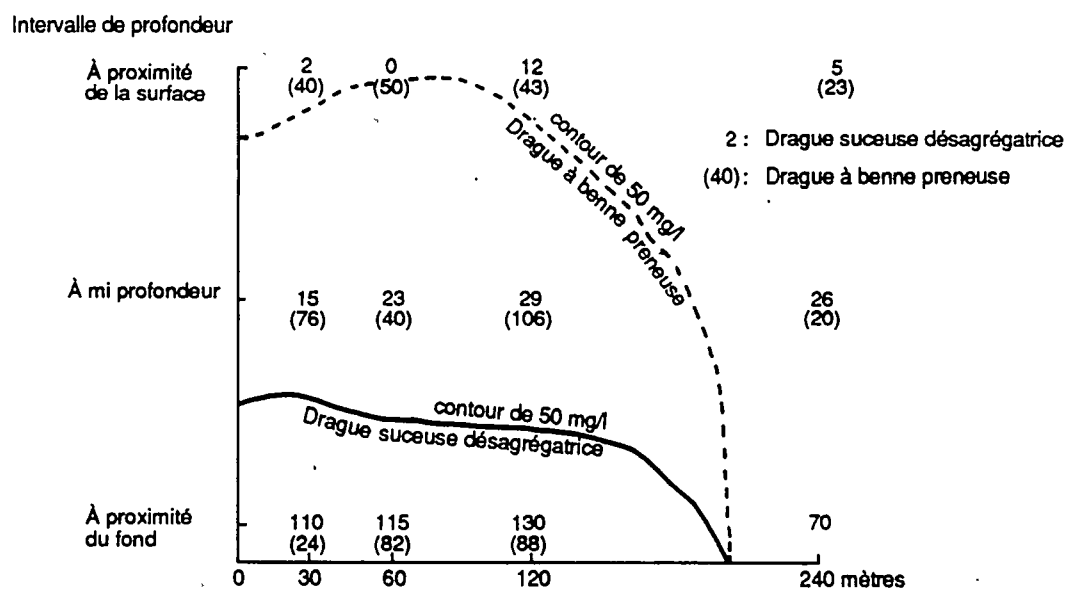
(Tiré de Raymond, 1984)

T Y P E D E D R A G U E	SEDIMENTS REMIS EN SUSPENSION, mg/l	
	Limite supérieure de la colonne d'eau	à proximité du fond
Drague suceuse désagrégatrice	34,6	133,5
Drague à benne preneuse	105,9	134,3

COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES DE REMISE EN SUSPENSION DES SÉDIMENTS

Figure 3.11

PENDANT LE DRAGAGE DES DRAGUES SUCEUSES DÉSAGRÉGATRICES
ET À BENNE-PRENEUSE (Raymond, 1984)



• Mesures de mitigation

Plusieurs auteurs suggèrent qu'un certain équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la capacité de la pompe doit être obtenu afin de réduire la remise en suspension des sédiments (Hayes 1986; Hayes et al. 1988).

En effet l'équilibre judicieux de ces paramètres opérationnels engendre une plus grande efficacité et une production supérieure parce que la plupart des sédiments délogés sont aspirés par la drague (Raymond 1984, Hayes et al. 1988).

Plusieurs techniques simples d'opération peuvent diminuer le décalage entre la quantité de sédiments délogée par la tête désagrépatrice par la succion, (Huston et Huston 1976 cités par Raymond 1984 et McLellan et al. 1989):

La recherche dans le cadre du programme de l'IOMT (Improvement of Operations and Maintenance Techniques) du U.S. Army Corps of Engineers a montré que la remise en suspension des sédiments par ces dragues peut être réduite en sélectionnant la vitesse de rotation du désagrégateur, la vitesse de giration, et la profondeur de la coupe (Barnard 1978 cité dans McLellan et al. 1989; Raymond 1984; Thomas et al. 1985; Havis 1988). D'autres auteurs (cité par Raymond 1984) ont trouvé qu'une vitesse du désagrégateur de 30 révolutions par minute était la plus efficace pour minimiser la remise en suspension. Des données présentées par Hayes et al. (1984, cité par Hayes 1986) suggèrent que le choix de ces paramètres pour minimiser la remise en suspension correspond aussi en général aux choix du rendement optimal.

Les pentes de chaque côté des canaux de navigation devraient être draguées en faisant une coupe verticale, perpendiculaire au canal; sinon, les sédiments de la partie supérieure de la coupe

glissent sur la pente concernée. Cette méthode appelée "stepping" réduira le glissement des sédiments vers le fond du canal (Raymond 1984; McLellan et al. 1989).

Dans certains projets, il est parfois plus économique de couper grossièrement et d'enlever la plupart des sédiments, laissant une fine couche pour le dragage final après que le projet soit presque complété. Cette technique n'est pas recommandée car la fine couche de sédiments peut facilement être remise en suspension et est très exposée aux courants et à la circulation maritime (Raymond 1984; McLellan et al. 1989).

Le dragage est parfois effectué par couche jusqu'à la profondeur stipulée dans le devis du projet. Cette technique devrait être utilisée uniquement lorsque la remise en suspension des sédiments ne crée pas d'autres problèmes (McLellan et al. 1989).

Lorsque l'on doit opérer une drague dans des sédiments mous et fins pour des travaux d'entretien, la rotation de la tête désagrégratrice n'est pas nécessaire. La suppression de cette pièce d'équipement peut diminuer la remise en suspension des sédiments (Palermo et al. 1988, McLellan et al. 1989). D'autres auteurs (Kaneko et al. 1984) rapportent même que l'utilisation de la succion dépourvue de désagréateur réduit d'environ 50% la remise en suspension des sédiments.

Les longues distances d'avancement de la drague pour chaque coupe, les coupes très profondes et les coupes très superficielles devraient être évitées. Les coupes trop profondes ont tendance à ensevelir la tête désagrégratrice et provoquent une remise en suspension importante si la succion ne peut aspirer tous les sédiments. D'autre part, si les coupes sont trop superficielles, la tête désagrégratrice aura tendance à rejeter

les sédiments en dehors de la prise d'aspiration (Raymond 1984; Hayes, McLellan et Truitt 1984).

L'opérateur devrait décrire un arc de cercle avec la drague de sorte que la tête désagrégratrice couvre le plus de surface du fond possible. Cela diminuera la formation d'andains et de rides formés par les sédiments partiellement délogés entre les coupes. Ces andains ont tendance à se perdre sous les coupes et les sédiments amassés sur ces andains peuvent être remis en suspension et sont exposés aux courants et à la turbulence causés par la tête désagrégratrice (Kaneko et al. 1984). La formation de ces andains est éliminée en décrivant des arcs concentriques contigus à la surface de dragage. La Figure 3.12 montre deux techniques d'avancement d'abord le système à béquille mobile et ensuite la technique à deux pieux. Les deux méthodes ne laissent pas de sédiments non dragués.

Le principe d'avancement de la première méthode (béquille mobile) implique un système hydraulique: La béquille de support (ou béquille de travail) est fixée au fond de l'eau en partant du centre de la coque. Cette dernière possède une ouverture (rainure) selon son axe le plus long, du centre vers l'arrière.

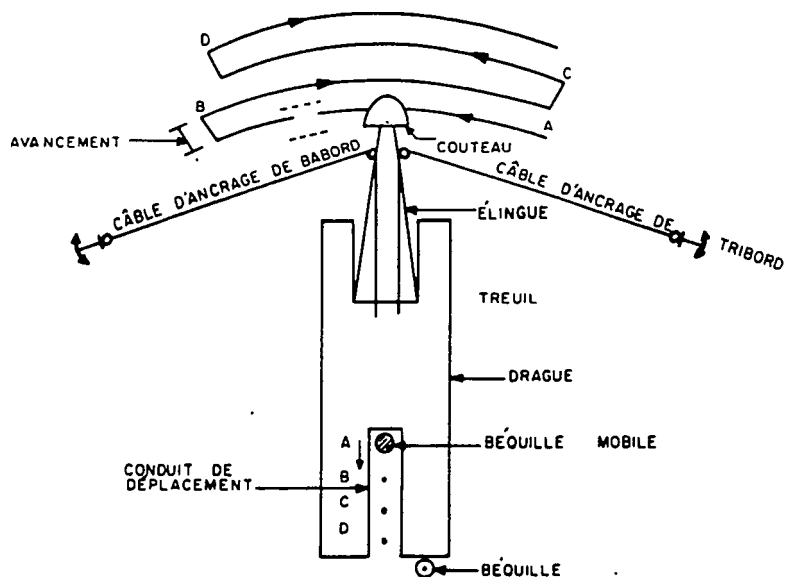
Le long de ce sillon, attaché à la béquille, un mécanisme hydraulique (cylindre ou piston) coulisse d'avant en arrière. Ainsi, pour avancer le navire (après un balayage), le piston hydraulique se détend et pousse le navire vers l'avant. La longueur du cylindre étant limitée (6 à 30 m), il faut replanter la béquille à intervalle d'environ 5 balayages. Le piston est du

TECHNIQUES D'AVANCEMENT DE LA DRAGUE SUCEUSE - REFOULEUSE

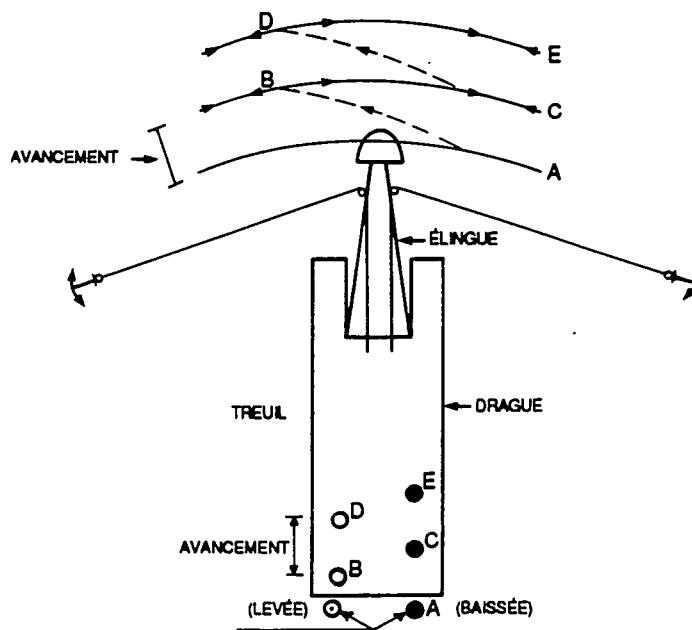
(Barnard, 1978)

Figure 3.12

AVEC BÉQUILLE MOBILE



AVEC 2 PIEUX



même coup remis dans sa position la plus courte. Pendant cette opération, afin d'éviter que le navire dérive, un pieu secondaire (pieu de marche) est planté au fond de l'eau et maintient les installations en place. Ce dernier support est habituellement attaché à l'arrière du bateau (Turner 1984, Thibeault 1990 comm.pers).

Cette méthode, développée par Waggoner (Raymond 1984; McLellan et al. 1989) est récente et peu répandue. La deuxième méthode (deux pieux qui supportent en alternance) est la plus courante bien que moins rapide car elle demande un changement d'appui à chaque balayage pour pouvoir avancer. Toutefois, la méthode récente s'adapte facilement sur les anciens équipements.

La mitigation des impacts environnementaux de la drague suceuse à désagréateur passe par d'autres modifications techniques de l'équipement:

La combinaison de l'excavation effectuée par le désagréateur et la capacité de pompage influencent grandement la production de la drague et les niveaux de remise en suspension. Ainsi les systèmes permettant l'augmentation de la puissance d'aspiration ou les pompes submergées fixées à la crépine permettent d'accroître la capacité de succion de la drague, d'augmenter la densité de la boue et le rendement de la drague et de diminuer les niveaux de remise en suspension (Huston et Huston 1976, cités par Raymond 1984; McLellan et al. 1989).

La quantité de sédiments remis en suspension peut être attribuable aussi à la forme du désagréateur, surtout si la surexcavation est bannie. Les désagréateurs de la Figure 3.13A ont la même longueur et la même largeur de base. Ils sont abaissés au même angle et sont introduits à la même profondeur. Cependant, celui dont la tête présente une forme conique (croquis de droite) a l'avantage d'avoir la succion plus proche des sédiments; par conséquent l'effet d'entraînement s'en trouve amélioré. Cette différence dans la forme serait particulièrement importante si le désagréateur n'était pas complètement enseveli. (Turner (1983), cité par Raymond 1984; McLellan et al. 1989).

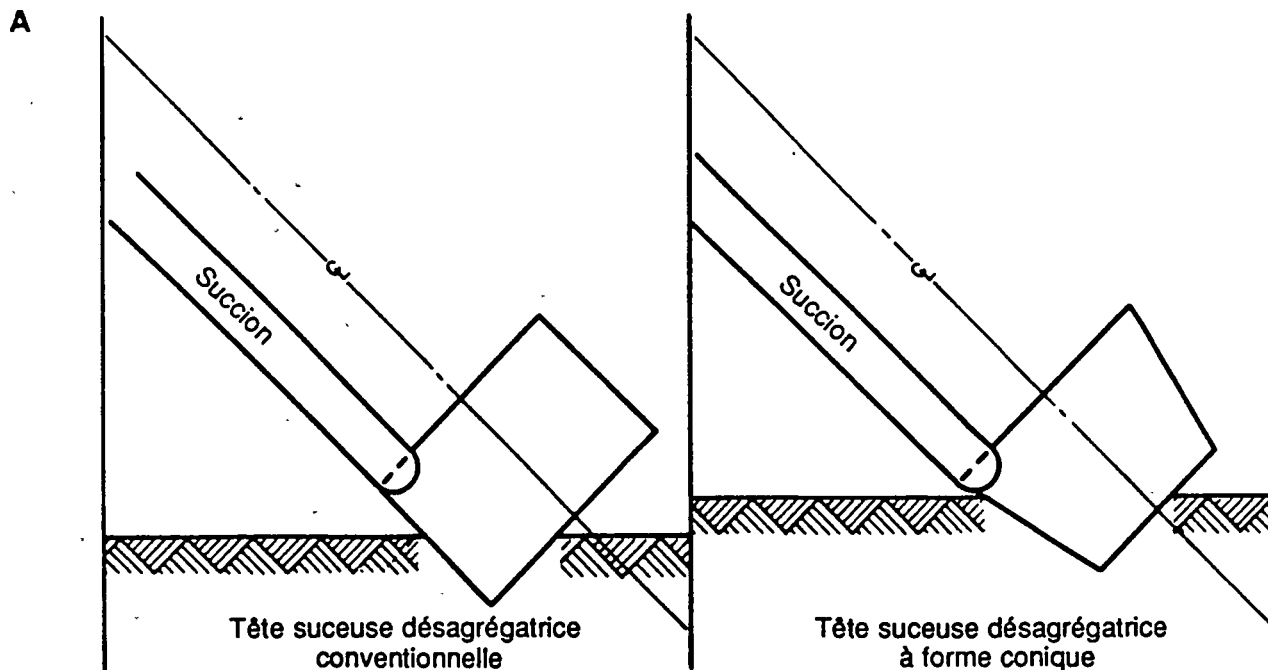
L'angle α (Figure 3.13B) est appelé angle de ratissage. Si cet angle est trop large, cela engendrera l'action d'évider les sédiments les plus fins et ces derniers seront éjectés en dehors du désagréateur. En revanche, si l'angle de ratissage est trop petit, le défonçage du fond se produira avec le talon de la dent et la remise en suspension des sédiments se trouvera ainsi augmentée. Pour les sédiments à granulométrie fine, un angle de ratissage de 20 à 25 degrés est idéal. Ce dernier permet une entrée étroite qui soulèvera les sédiments du fond et les dirigera vers la succion (Turner (1983) cité par Raymond 1984; McLellan et al. 1989).

En 1983, le U.S. Army Corps of Engineers ont mis sur pied un projet expérimental dans le James River en Virginie, utilisant une drague suceuse dont le désagréateur a la forme d'une crépine (Figure 3.14) (Palermo et al. 1984). Cette modification a été conçue dans l'espoir de réduire la remise en suspension des sédiments contaminés et la pollution aux environs de la tête de la drague (Palermo et al. 1984). Puisque les dragues à crépine opèrent normalement dans des matériaux granuleux, la tête est alors munie de dents et de jets d'eau à l'extrémité afin d'accélérer la coupe et l'écoulement des matériaux (Vann, 1983).

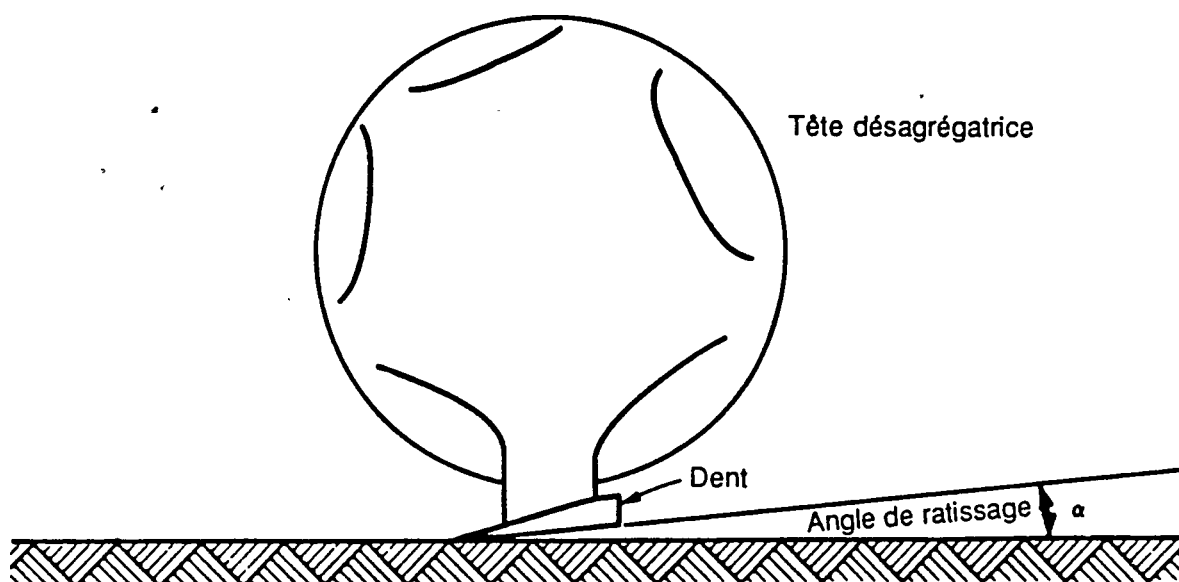
EFFET DE LA FORME DU DÉSAGRÉGATEUR SUR LA HAUTEUR DE SUCCION À PARTIR DU FOND

Figure 3.13

(McLellan et al., 1989)

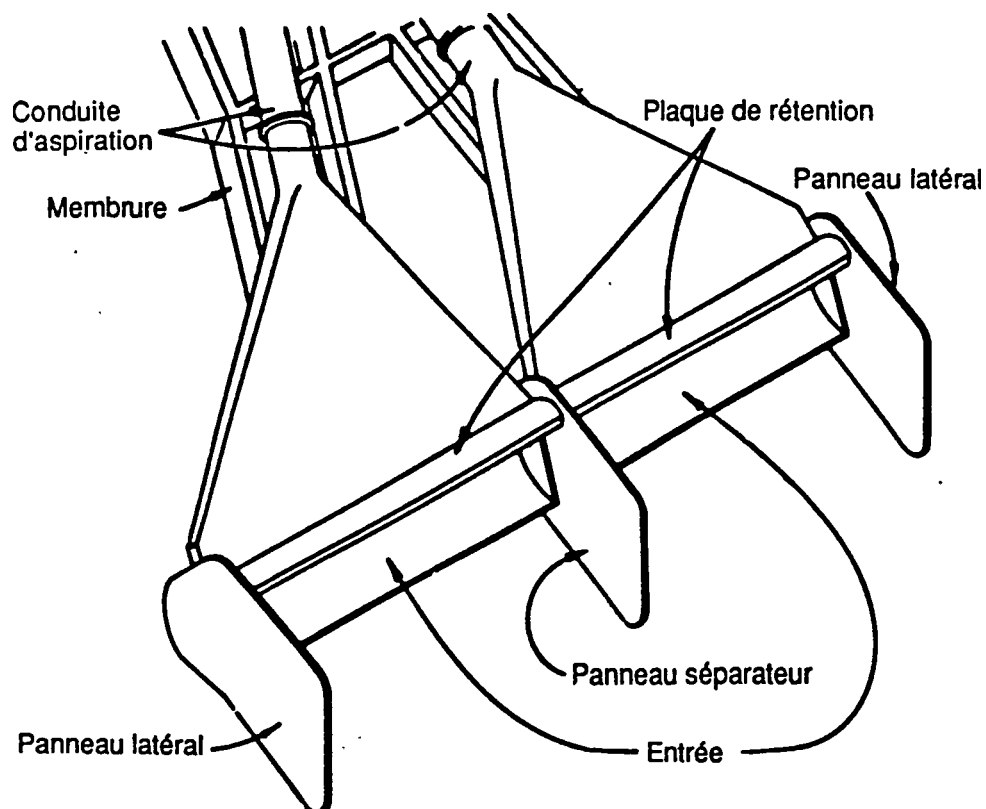


B VUE FRONTALE D'UN DÉSAGRÉGATEUR MONTRANT L'ANGLE DE RATISSAGE DE LA DENT (McLellan et al., 1989)



**TÊTE DE DRAGUE SUCEUSE DÉSAGRÉGATRICE
À CRÉPINE MODIFIÉE (Vann, 1983)**

Figure 3.14



Cependant, Vann (1983) et Palermo (Palermo et al. 1984) constatent que le désagréateur modifié en crépine et opérant comme une drague suceuse n'a pas démontré de réduction de la remise en suspension des sédiments à proximité de la drague. En effet, le désagréateur modifié (en crépine) accuse des valeurs moyennes de M.E.S. (ajustées à la valeur naturelle de base) de l'ordre de 71,6 mg/l alors que le désagréateur conventionnel accuse des valeurs de 40,5 mg/l.

En 1984, Koba et Shiba ont conçu un modèle réduit où un capuchon amovible est adapté au désagréateur afin de ralentir l'écoulement des sédiments. Ils ont observé que lorsque le capuchon est enlevé, l'effet d'écoulement causé par la rotation du désagréateur est plus grand, et la remise en suspension augmente. Cette étude confirme que ce capuchon empêche la remise en suspension à proximité du désagréateur et augmente l'efficacité de la drague. Cependant pour optimiser le rendement du capuchon une étude de sa forme, ses dimensions et des techniques d'opération de la drague sont nécessaires.

Selon Koba et Shiba (1984), la rotation du désagréateur devrait être du bas vers le haut. Cette direction produirait moins de remise en suspension que le sens inverse, du haut vers le bas (Koba et Shiba 1984). La Figure 3.15 montre clairement que dans le premier cas, les sédiments pénètrent facilement dans l'entrée de la succion, puisque les couteaux ramassent les sédiments d'en-dessous;

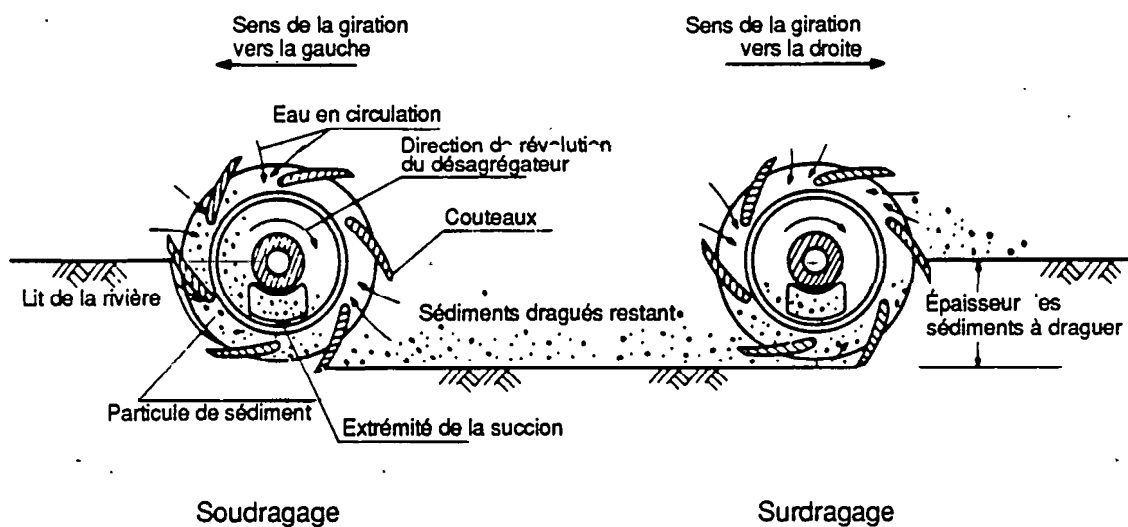
3.2.4 Dragues suceuses porteuses

- Principe de fonctionnement

Ces dragues diffèrent des autres dragues suceuses par le fait qu'elles sont montées sur des navires océaniques autopropulsés et

VARIATION DE LA REMISE EN SUSPENSION
EN FONCTION DU SENS DE LA ROTATION

Figure 3.15



qu'elles transportent les sédiments dragués à leur propre bord plutôt que de les déverser sur des barges (Figure 3.16). Les élinde sont suspendues par des bossoirs des deux côtés de la coque.

En position de dragage, le bec d'élinde traîne sur le fond; pour le dragage, le navire ne doit pas se déplacer à plus de 13 km/h. Les matériaux sont aspirés par l'élinde et stockés dans les puits à déblais intégrés. Le surplus d'eau à faible teneur en matières en suspension (MES) est rejeté en mer par des déversoirs surverse et les matériaux de dragage sont gardés à bord avant d'être rejetés en eaux libres dans un autre site, (sauf s'il s'agit de sédiments contaminés). Dans un tel cas, le trop-plein des puits à déblais ne doit pas être rejeté en mer et les matériaux pollués doivent être traités ou mis en dépôt dans un site d'élimination sécuritaire.

Certaines dragues suceuses porteuses sont équipées d'un dispositif de déchargement intégré; parfois il faut utiliser un équipement auxiliaire.

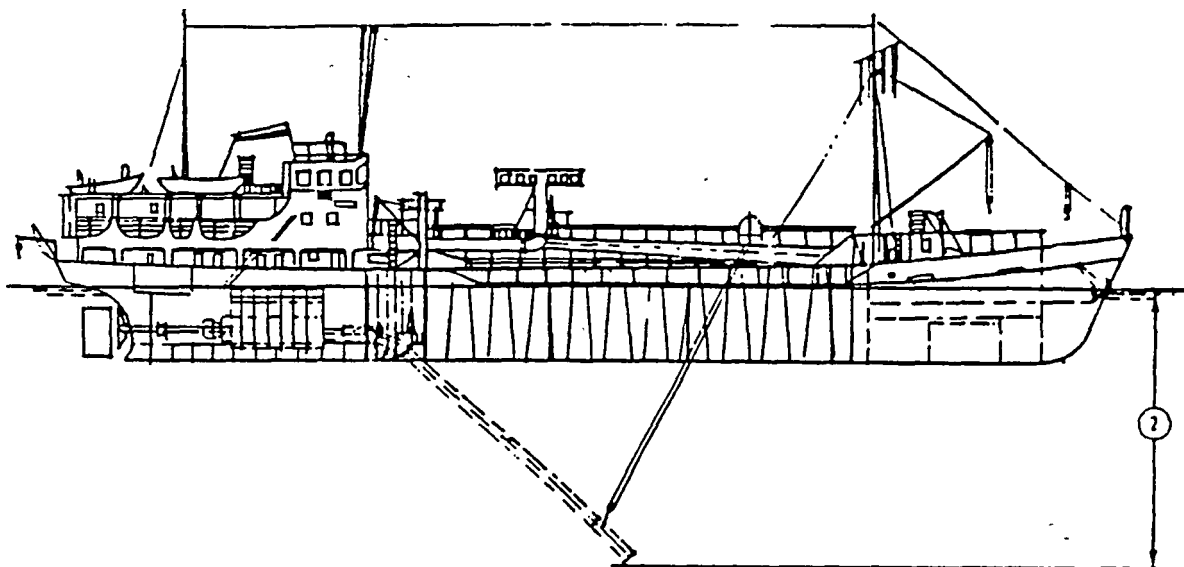
A l'origine, un certain nombre de ces dragues ont été utilisées à des fins d'entretien dans des chenaux d'accès aux ports.

Les boues liquides obtenues contiennent entre 10 et 20 % des MES. Les tirant d'eau du navire varie de 3,0 à 8,5 m et le rendement de dragage est compris entre 380 et 1 530 m³/h.

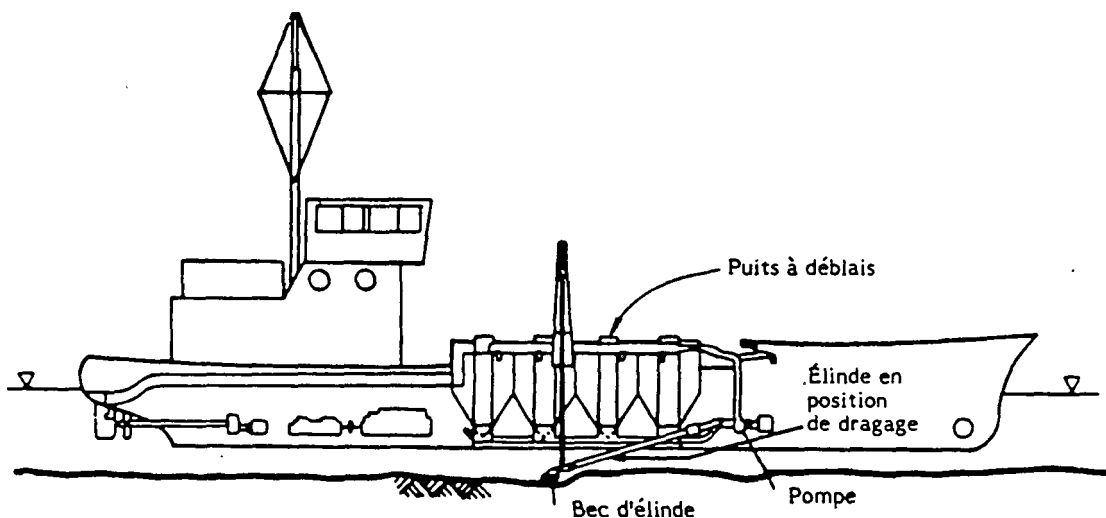
- Avantages et contraintes d'application

Les dragues suceuses porteuses sont les plus efficaces pour excaver des matériaux meubles, non cohésifs. Ce type de drague automotrice peut opérer en mer houleuse, dans des courants

DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE (A.I.P.C.N. 1977)



DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE À ÉLINDES TRAÎNANTES (Hand et al., 1978)



relativement forts, en pleine circulation maritime, et sous de mauvaises conditions atmosphériques.

La plupart des dragues suceuses porteuses modernes ont une capacité d'emmagasinement de l'ordre de plusieurs centaines de m^3 jusqu'à $9\,000\,m^3$ (A.I.P.C.N. 1977). Toutefois, la drague doit se déplacer pour déposer les sédiments recueillis ce qui provoque un mode de travail intermittent.

La profondeur de dragage minimale est limitée au tirant d'eau du navire; la profondeur maximale est de 20 m (S.A.I.C. 1985, Bonham 1989).

En raison du fonctionnement sans aucune attache, sous l'effet des houles le système d'aspiration peut conduire à un fond très irrégulier, nécessitant une certaine quantité de "sur-dragage" pour obtenir la profondeur voulue.

• Performance environnementale

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que les sources créant le plus de remise en suspension sont le débordement des sédiments provenant des puits à déblais (la surverse), la crépine traînant au fond de l'eau et l'arbre de l'hélice qui provoque la turbulence de l'eau. La comparaison indique que les sédiments remis en suspension par la surverse affectent une plus grande partie de la colonne d'eau pendant plus longtemps. Dans les sédiments fins le panache de M.E.S. est très important et de longue durée (le pompage du limon et de l'argile produit beaucoup de turbidité) (Raymond 1984, Thomas et al. 1985, Hayes 1986).

Si le dragage se fait dans des sédiments contaminés, l'impact environnemental est considérable. Dans ce cas le cycle de

pompage sera limité au seul chargement des déblais, sans aucun débordement (Herbich 1981).

Aux alentours immédiats de la drague, un panache de turbidité se produit à cause du débordement, quasiment à la surface de l'eau, alors qu'un autre se produit à proximité du fond à cause de la crépine traînante; 275 à 350 m derrière la drague, les deux panaches se confondent pour ne former qu'un seul panache (Raymond 1984, Thomas et al. 1985).

Dans certains cas, en fonction de la granulométrie des sédiments, plus on s'éloigne de la drague et plus le panache se disperse, les particules ayant décanté au fond. Thomas (Thomas et al 1975) a cité un cas où les concentrations des solides remis en suspension ont atteint rapidement moins de 1 mg/l.

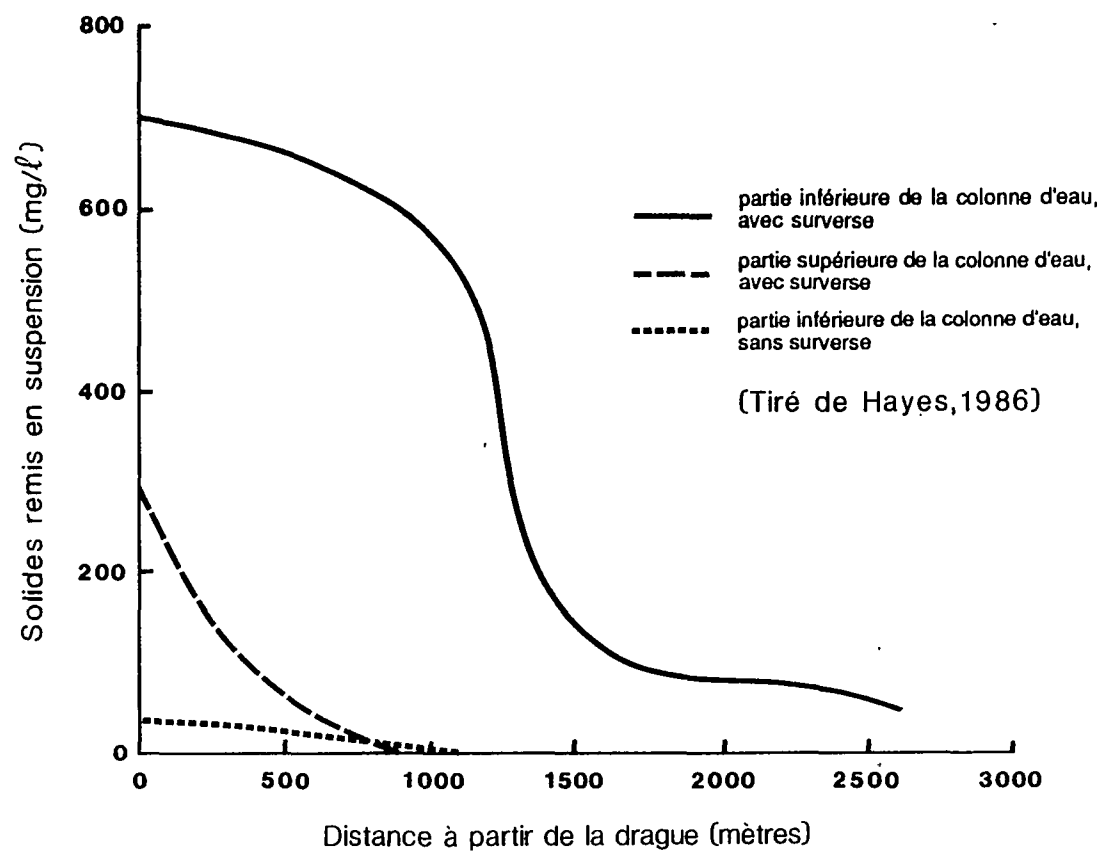
Une comparaison de la remise en suspension avec surverse et sans surverse est présentée en Figure 3.17. Herbich (1981) a constaté que le volume total de surverse des puits à déblais dépend aussi de la nature des sédiments pompés puisque l'efficacité de ces opérations dépend principalement de la quantité de solides accumulés dans les puits à déblais.

Des études sur le terrain menées à Gray Harbor, en Virginie (citées par McLellan et al., 1989) avec une drague suceuse porteuse ont mené aux mêmes conclusions concernant les performances avec surverse et sans surverse (Hayes et al. 1986). Le panache de turbidité avec surverse est deux fois plus étendu, et la totalité des solides en suspension est 16 fois plus grande que dans des conditions de non-débordement (Hayes 1986, Havis 1988, McLellan et al. 1989).

Une autre comparaison a confronté la performance environnementale de la drague suceuse porteuse avec et sans surverse mais en plus,

**QUANTITÉS DE SÉDIMENTS REMIS EN SUSPENSION APRÈS LES
OPÉRATIONS DE DRAGAGE D'UNE SUCEUSE PORTEUSE DANS
GRAYS HARBOR AVEC ET SANS SURVERSE**

Figure 3.17



la drague suceuse désagrépatrice et la drague à benne preneuse ont été classées (Raymond 1984). Le résultat du classement est le suivant:

- 1) drague suceuse désagrépatrice
- 2) drague suceuse porteuse sans surverse
- 3) drague à benne-preneuse
- 4) drague suceuse porteuse avec surverse

McLellan et ses collègues ont comparé dernièrement ces mêmes sur le critère des solides totaux en suspension (SStot) (McLellan et al. 1989). Les conclusions sont semblables: la drague désagrépatrice s'est classée première, suivie de la suceuse porteuse et enfin de la benne-preneuse.

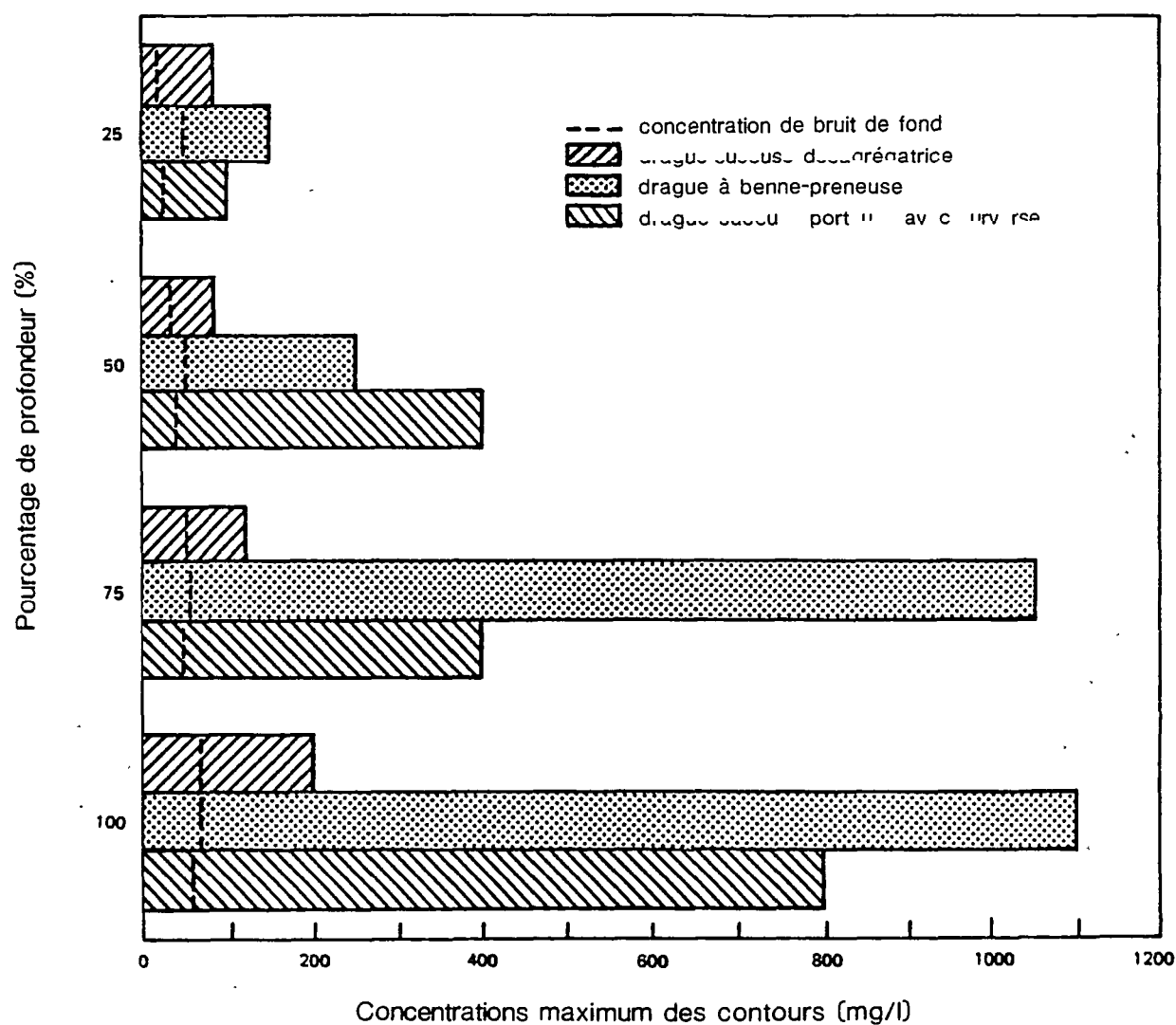
Le classement est basé sur les résultats présentés à la Figure 3.18. Les concentrations de solides en suspension sont de 4 à 6 fois plus élevées avec les deux dernières dragues du classement qu'avec la drague suceuse désagrépatrice. La drague à benne-preneuse et la drague suceuse porteuse remettent une quantité comparable de sédiments en suspension dans toute la colonne d'eau mais la dernière en génère 1,5 à 2 fois moins dans la partie inférieure. Pour les opérations au large (hauteur des vagues dépassant 0,9 m) on suggère la drague suceuse porteuse. La drague à benne-preneuse serait idéale pour les installations de quais. La turbidité engendrée par la drague suceuse porteuse et la benne-preneuse peut être contrôlée en opérant avec précaution (McLellan et al. 1989).

La dernière comparaison des sédiments remis en suspension, mettant à l'épreuve une drague suceuse porteuse avec et sans surverse, une drague désagrépatrice et une drague à benne preneuse étanche et non-étanche, a été menée dans le cadre du

NIVEAU MAXIMUM DES CONTOURS DE SStot (mg/l)

Figure 3.18

MESURES POUR LES DRAGUES SUCEUSE DÉSAGRÉGATRICE,
À BENNE PRENEUSE ET SUCEUSE PORTEUSE PENDANT LES ÉTUDES DE TERRAINS



Source : McLellen et al., 1989

programme de recherche de l'IOMT du U.S. Army Corps of Engineers (Hayes 1986). Les résultats sont présentés au Tableau 3.5.

classement:

- 1) drague suceuses désagréatrice
- 2) drague suceuse porteuse sans surverse
- 3) drague à benne-preneuse étanche
- 4) drague à benne-preneuse conventionnelle
- 5) drague suceuse porteuse avec surverse

• Mesures de mitigation

La réduction de la remise en suspension des sédiments lors du débordement est possible en réduisant la vitesse d'écoulement de la boue pompée dans les puits à déblais pendant les dernières phases d'opération du remplissage des puits à déblais. Cette procédure opérationnelle diminue la concentration des solides en suspension dans le panache tout en réduisant la concentration des sédiments dans la surverse. En employant cette technique, le contenu des solides de la surverse peut être réduit de 50 % alors que l'efficacité de chargement de la drague s'en trouve augmentée simultanément par rapport à l'absence de surverse (Barnard 1978).

Une autre possibilité serait de filtrer l'eau de surverse à bord, avant le rejet. Une telle approche se heurte toutefois à plusieurs difficultés techniques et ne pourrait être envisagée que dans certains cas particuliers.

Les japonais ont développé un système de surverse anti-turbidité (ATOS: "Anti Turbidity Overflow System", Thomas et al. 1975) qui peut canaliser le débordement pour le déverser à bâbord, au fond de la coque du navire (Figure 3.19). Ce système peut être installé sur des dragues existantes afin de réduire la turbidité visible en surface.

**TABEAU 3.5: COMPARAISON DES CONCENTRATIONS DE SOLIDES EN
SUSPENSION ENTRE CERTAINES DRAGUES HYDRAU-
LIQUES ET MECANIQUES (Tiré de Hayes 1986)**

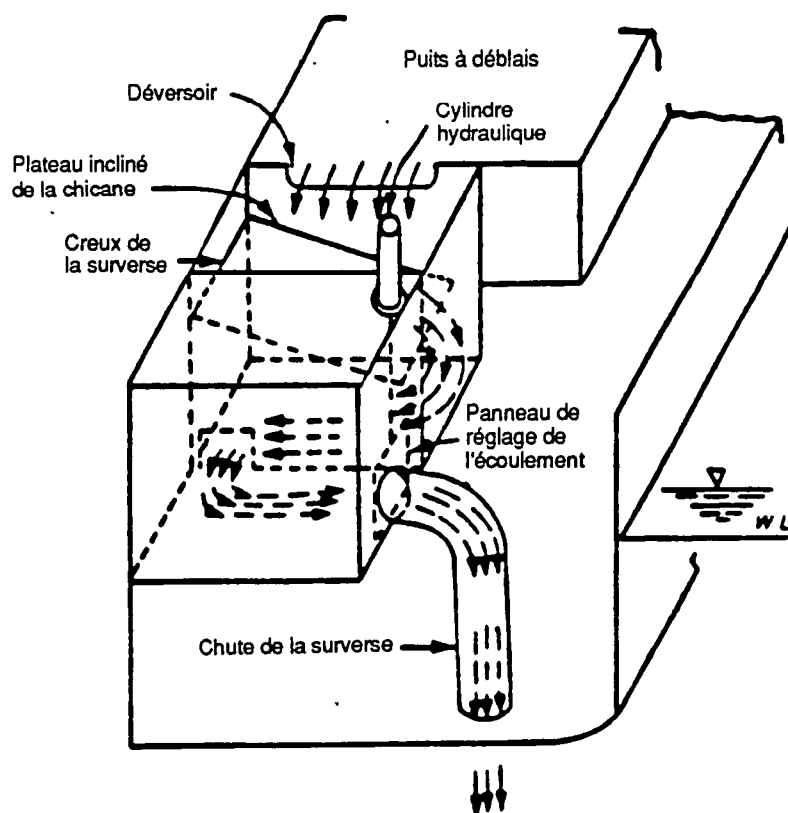
T Y P E D E D R A G U E	CONCENTRATIONS DE SOLIDES EN SUSPENSION *		
	30 (m)	61 (m)	122 (m)
Drague suceuse désagrégatrice	25-250	20-200	10-150
Suceuse porteuse			
-avec surverse	250-700	250-700	250-700
-sans surverse	25-200	25-200	25-200
A benne preneuse			
-benne conventionnelle	150-900	100-600	75-350
-benne étanche	50-300	40-210	25-100

* Les concentrations de solides en suspension ont été ajustées
aux concentrations naturelles de base.

**SCHÉMA DU Puits À DÉBLAIS
D'UNE DRAGUE ÉQUIPÉ DU SYSTÈME JAPONAIS
"ANTI TURBIDITY OVERFLOW" (ATOS)**

(Herbich et Brahme, 1983)

Figure 3.19



Les essais qui ont été menés sur ce système indiquent une réduction considérable de la remise en suspension des sédiments entre la surface et 0,9 m au-dessous de la surface, à proximité du navire et à 30 m derrière le navire. Ces données figurent au Tableau 3.6 et comparent la remise en suspension des sédiments générés par un système de débordement conventionnel et par "ATOS":

Il est important de noter que "ATOS" réduit effectivement les solides en suspension à proximité de la surface (< 1 m) mais non les solides totaux en suspension de la colonne d'eau (Thomas et al. 1985, Havis 1988). Ce système peut être utile dans les cas où l'impact environnemental est évalué plus faible avec un rejet des sédiments fins sous la surface plutôt qu'en surface.

3.2.5 Dragues suceuses-porteuses à élinde traînantes

• Principe de fonctionnement

La version moderne de la drague suceuse-porteuse est la drague suceuse-porteuse à élinde traînante, appelée également drague aspiratrice en marche. La figure 3.16 illustre cette drague qui constitue en fait la même drague que la suceuse porteuse mais en moins efficace. Cette drague combine l'action mécanique et l'aspiration des sédiments. Elle est utilisée partout dans le monde pour les dragages d'entretien dans les ports, et dans les chenaux d'accès. Elle est également employée pour les travaux de construction et pour l'extension des plages (Types spéciaux A.I.P.C.N. 1977).

Les infrastructures d'opération sont minimisées par la caractéristique auto-portante de la drague: les sédiments sont accumulés à même le navire et déchargés ailleurs à intervalles réguliers. Cependant, lorsque le niveau maximal de sédiments est

**TABEAU 3.6: COMPARAISON DE LA REMISE EN SUSPENSION DES
SEDIMENTS GENEREES PAR UN SYSTEME DE DEBOR-
DEMENT CONVENTIONNEL ET PAR "ATOS" (Raymond 1984)**

CONCENTRATION MOYENNE DES SOLIDES EN SUSPENSION mg/l				
LOCALISATION DES ECHANTILLONS	SYSTEME CONVENTIONNEL		ATOS	
	EN SURFACE	0,9 m EN DESSOUS DE LA SURFACE	EN SURFACE	0,9 m EN DESSOUS DE LA SURFACE
A proximité du navire	627	272	6,0	8,0
à 30 m derrière le navire	119	110	6,5	8,9

atteint le pompage est parfois maintenu en déversant l'eau de surface des boues décantées directement au site de dragage.

- Avantages et contraintes d'application

Ce genre de drague est automotrice et gêne peu la navigation. la drague est adaptée à une gamme assez grande de matériaux à draguer et présente les possibilités de dragage du sable à l'argile.

La drague suceuses porteuse à élinde traînante peut opérer en mer houleuse, dans des courants relativement forts, en pleine circulation maritime et sous de mauvaises conditions météorologiques.

Le principal inconvénient de ce type de drague est son mode de travail intermittent. En effet, la drague cesse de travailler pendant son déplacement vers les sites de dépôt. Afin d'obtenir une production plus continue, certaines unités sont conçues comme dragues suceuses traînantes indépendantes qui chargent des chalands à déblais amarrés et poussés le long de l'unité de dragage. Ces chalands sont eux-mêmes conduits par un remorqueur jusqu'au lieu de dragage.

Au cours des toutes dernières années, une drague en marche d'un nouveau type, dite drague en marche à puits s'ouvrant en deux a été introduite. La technique utilisée est celle du chaland s'ouvrant longitudinalement (type omnibarge, hydroclap, etc) (A.I.P.C.N. 1977).

Les dragues suceuses porteuses à élinde traînantes exigent d'habitude un tirant d'eau plus grand que les dragues suceuses porteuses ordinaires (Herbich 1981). Ces dernières peuvent opérer sur des chenaux plus profonds.

Le positionnement précis de la tête suceuse semble poser certaines difficultés.

• Performance environnementale

Une drague suceuse porteuse à élinde trainantes peut avoir une assez bonne performance environnementale si la surverse n'est pas utilisée. Les études menées dans la Baie de Miramichi (Kranck et Milligan 1989) ont montré que l'utilisation du débordement pendant le dragage augmente non seulement la remise en suspension mais aussi le volume de sédiments dans la baie (jusqu'à 73% des sédiments fins aspirés seraient rejetés dans l'eau).

Depuis ce déversement, les dépôts de sédiments se sont dispersés et s'accumulent dans le fond de la Baie Miramichi. Le dragage annuel de cette Baie est nécessaire afin d'enlever le surplus de dépôts sédimentaires.

Dans des cas de sédiments contaminés comme ceux de cette baie, le cycle de pompage devrait être limité à un seul remplissage des puits à déblais, sans aucune surverse (Herbich 1981).

Une comparaison a été effectuée entre une drague suceuse porteuse à élinde trainantes sans surverse, une drague suceuse porteuse et une drague à benne preneuse (Herbich et Brahme 1983) concernant la remise en suspension des sédiments dans l'argile. Le classement résultant est le suivant:

- 1) drague suceuse porteuse à élinde trainantes (sans surverse)
à égalité avec la drague suceuse porteuse
- 2) drague à benne-preneuse

On a remarqué que la drague à benne-preneuse génère environ deux fois et demi plus de remise en suspension que les deux autres.

Face à une drague à benne-preneuse et une drague désagréatrice, la drague à élinde traînante est favorable des points de vue coût, nuisance à la navigation et remise en suspension des sédiments, en autant qu la surverse n'est pas utilisée.

• Mesures de mitigation

La Commission néerlandaise des cours d'eau a développé un système de récupération par aspiration qui, lorsque placé sur ces dragues suceuses-porteuses à élinde traînante permet de récupérer les contaminants flottants en surface ("hot spots" toxiques). Ainsi le navire se transforme en drague de récupération fonctionnelle en quelques heures avec l'équipement nécessaire à bord. Ces navires peuvent répondre à des cas de pollution accidentelle dans des conditions extrêmes (vagues de 1,5 m et vents de 5 noeuds. La taille et l'efficacité de ces navires, permet d'exécuter des travaux bien spécifiques, et place cette technologie en tête, par rapport aux équipements conventionnels (Martin 1982).

Selon A. Hume (comm. pers. 1990, Ontario), il existe présentement une drague hollandaise suceuse-porteuse à élinde traînante draguant les sédiments avec une teneur en solide "in situ", évitant ainsi la surverse. Les boues sont déchargées directement au site de dépôt. On songerait à y inclure un système de cyclone séparant les solides de l'eau et des gaz. Ce procédé permettrait de minimiser davantage les aller-retour au site de dépôt en déversant sur place l'eau purifiée du cyclone.

Outre les modifications techniques, Pennekamp et Quaak (MSS. en cours de publication) énumèrent les opérations à éviter lors du dragage pour minimiser les impacts sur l'environnement:

- déplacer les conduites et des têtes d'aspiration à travers l'eau à une vitesse dépassant de 1 à 2 m/s;
- laver le propulseur (ce lavage peut causer de l'érosion et de la turbidité);
- déverser l'eau de dégazage par dessus bord (lors de l'utilisation d'un système de dégazage). Cette opération nécessite une attention particulière surtout si un système d'éjection est en opération;
- brasser le fond, en laissant échapper les gaz des sédiments et déverser les conduites d'aspiration (ceci génèrent une très forte turbidité).

3.2.6 Draques à flèche

• Principe de fonctionnement

Les dragues à flèche présentent toutes les caractéristiques des équipements hydrauliques sauf qu'à la place d'un tuyau de refoulement ou d'un réservoir de sédiments propre, elle est équipée d'une flèche permettant l'évacuation en berge à une certaine distance (Figure 3.20) (A.I.P.C.N. 1977).

• Avantages et contraintes d'application

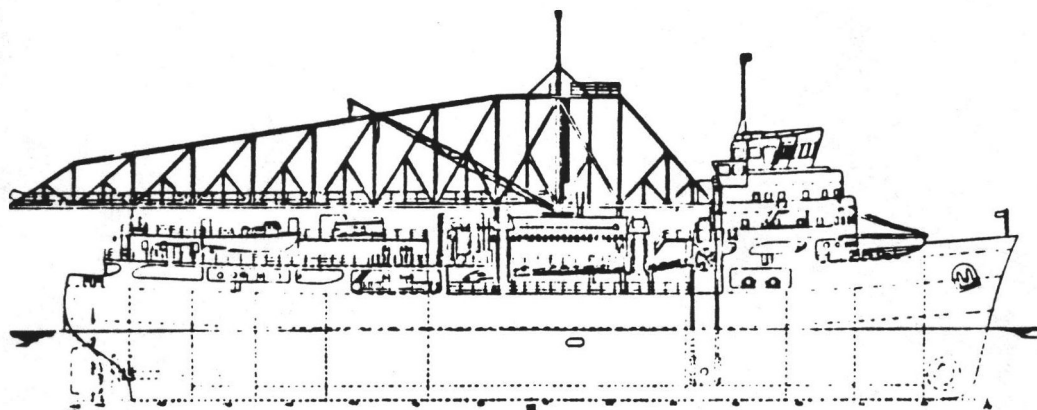
Ces équipements sont spécialement conçus pour les matériaux légers (limon, sable). Cette drague automotrice ne gêne pratiquement pas la navigation.

Les matériaux doivent être déchargés sur la rive ou dans la direction des courants existants.

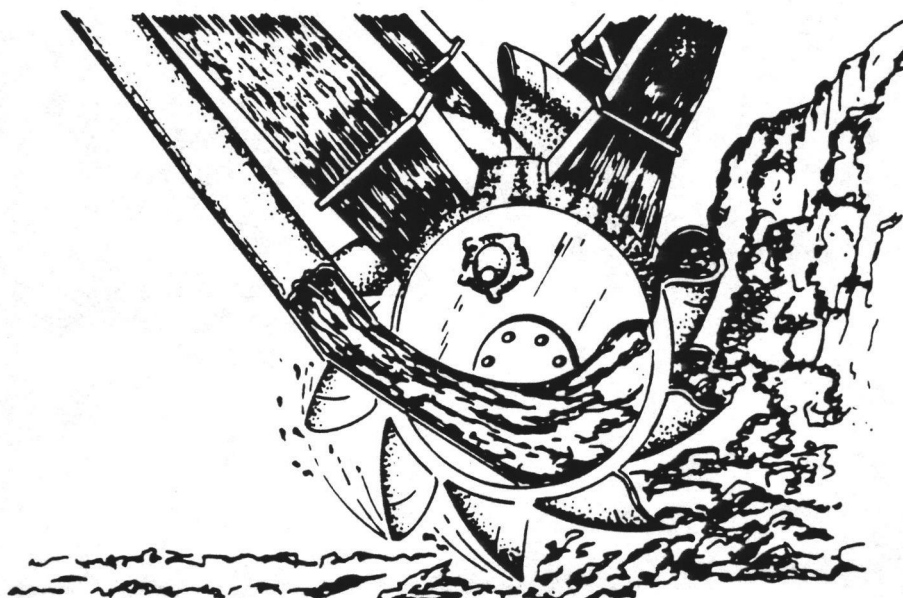
**DRAGUE À FLÈCHE ET DRAGUE SUCEUSE
À ROUES DÉAGRÉGATRICES**

Figure 3.20

DRAGUE À FLÈCHE (Hand et al., 1978)



DRAGUE SUCEUSE À ROUES DÉAGRÉGATRICES (Hand et al., 1978)



La limitation évidente de la longueur de la flèche de déversement l'oblige de déverser les sédiments soit dans une barge, directement sur la berge ou dans l'eau (dans la direction des courants existants). La portée du déversement se limite à 25 à 30 m. A cause de ces contraintes la drague est assez rarement utilisée, sauf pour des petits cours d'eau ou le déversement peut se faire directement dans des moyens de transport situés en berge.

- Performance environnementale

Les performances environnementales des dragues à flèche ne diffèrent pas de celles des dragues hydrauliques : l'amélioration du système d'évacuation ne modifie pas la remise en suspension des sédiments au moment de l'excavation.

3.2.7 Drague suceuse à roues désagrégatrices

- Principe de fonctionnement

La drague suceuse à roues désagrégatrices est un hybride de la drague mécanique à godets et de la drague suceuse à désagregateur (Palermo 1988) (Figure 3.20). Développée récemment, c'est une drague hydraulique à laquelle le désagregateur à station axiale est remplacé par une ou plusieurs roues montées en position verticale ou horizontale.

Les sédiments sont déplacés par le mouvement des godets fixés sur une roue au bout de l'élinde et sont aspirés par une tête de succion.

Cette drague n'est pas utilisée sur le fleuve St-Laurent.

- Avantages et contraintes d'application

Le mode d'alimentation de la tête de succion permet de contrôler le rapport eau/sédiments, en contrôlant la vitesse de rotation de la roue et/ou la vitesse de balayage de la drague. Cet équipement peu répandu est aussi disponible avec 2 roues d'excavation.

- Performance environnementale

Au plan environnemental, la drague à roues désagréatrices devrait être comparable à la drague suceuses à désagréateur (section 3.2.3). Toutefois, dépendant du diamètre de la roue, la turbidité produite par ce type d'équipement est souvent beaucoup plus élevée (Von Drimmellen et Loevendie 1989).

- Mesures de mitigation

Il est apparamment possible d'ajuster un écran protecteur à la drague à roues désagréatrices pour minimiser la turbidité.

Le type à roue horizontale suscite de bons espoirs quant aux performances futures si combiné avec un écran de protection extérieur. Il s'agit d'un type d'équipement facilement adaptable aux dragues existantes.

3.3 Dragues pneumatiques et spéciales

Les dragues pneumatiques fonctionnent par différence de pression d'air entre les différentes parties du système. Le véhicule de transport des sédiments est donc l'air, plutôt que l'eau comme dans les systèmes hydrauliques.

Les systèmes de dragage de conception spéciale ont été développés ces dernières années aux Etats-Unis et au Japon pour aspirer les sédiments de pompage avec une teneur élevée en solides et réduire la remise en suspension des sédiments. La plupart de ces systèmes ne sont pas conçus pour des dragages d'entretien. Ils apportent cependant des alternatives aux projets de dragage particuliers tels que le nettoyage des zones fortement contaminées.

• Avantages

Les dragues pneumatiques et de conception spéciale peuvent être facilement démantelées et transportées par camion ou par avion. Les infrastructures d'opération sont minimales de même que celles du transport et du dépôt. En effet, le mélange excavé à l'aide d'une drague de ce type présente une forte teneur en solide. Cependant, pour une drague donnée, la densité du mélange eau-sédiment varie selon la granulométrie (Raymond 1984).

Comparées aux dragues hydrauliques, les dragues pneumatiques peuvent opérer dans des matériaux plus denses en produisant moins de turbidité (Hand et al. dans S.A.I.C 1985).

Les meilleurs rendements ont cependant été obtenus dans les matériaux meubles où la remise en suspension des sédiments est minimisée dans la colonne d'eau. Elles possèdent la capacité d'opérer aussi bien en eau profonde qu'en eau peu profonde.

Des recherches sur la turbidité produite par ces dragues, ont démontré que la concentration des solides en suspension varie de 48 mg/l à 1 m du fond à 4 mg/l à 7 m du fond (Thomas et al. 1985).

- Inconvénients

Peu répandues et utilisées depuis quelques années seulement, les observations recueillies indiquent que les câbles et les conduites entravent la circulation maritime, que les blocages à l'aspiration sont fréquents et que le taux de production est faible.

Il existe 3 types de dragues pneumatiques et 7 types de dragues de conception spéciale. Leurs principes de fonctionnement, leurs avantages et leurs contraintes d'application de même que leur performances environnementales sont présentés dans les sections qui suivent.

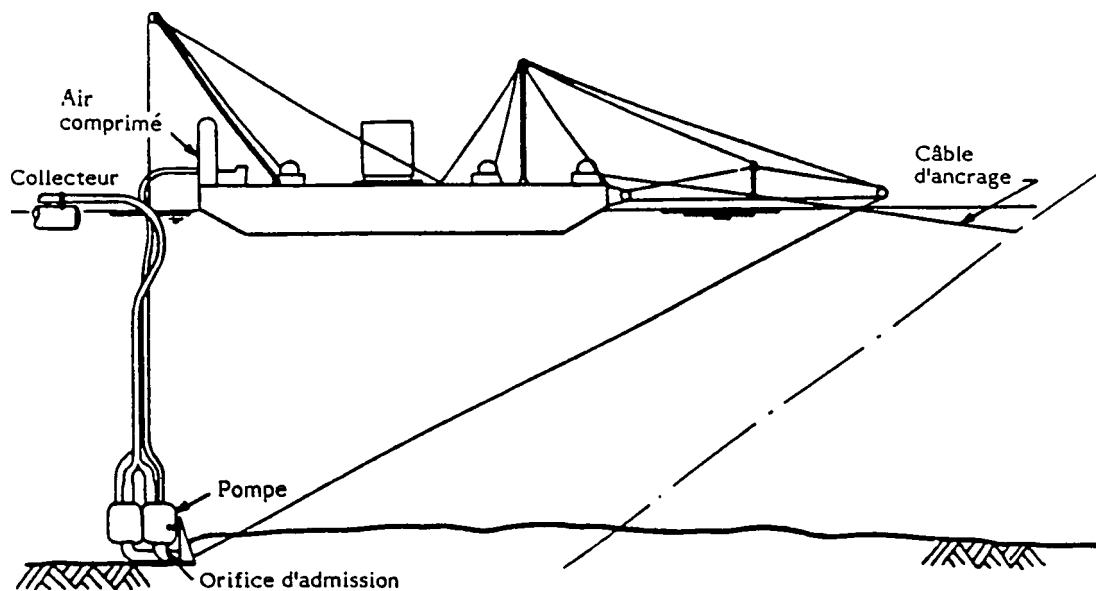
3.3.1 Drague "Pneuma"

- Principe de fonctionnement

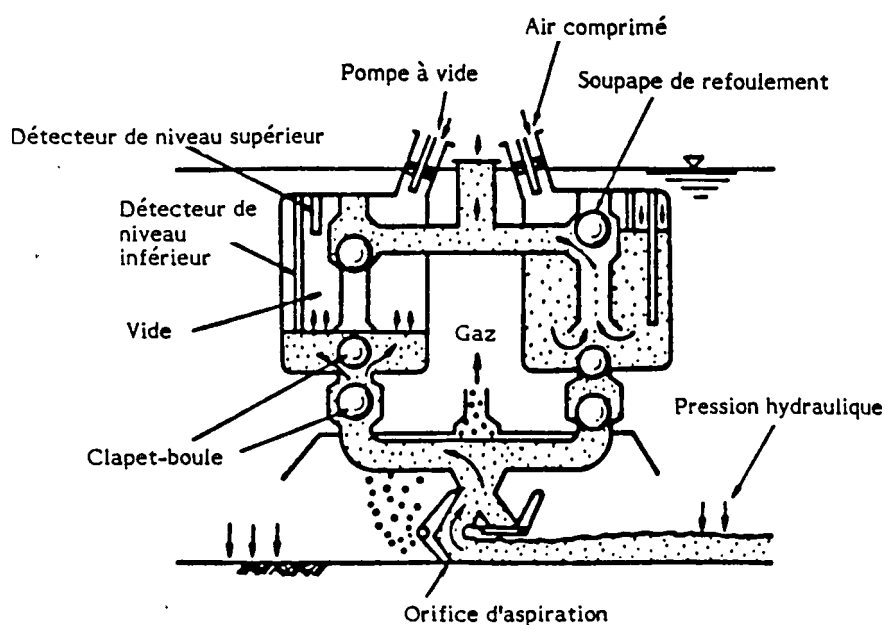
Il existe deux concepteurs à l'origine de la drague "Pneuma": le Japon et l'Italie. Il s'agit d'un système d'aspiration rejetant successivement les sédiments pompés à travers trois cylindres reliés à des câbles actionnés par une grue montée sur barge. La pompe est raccordée aux trois cylindres par des canalisations. Une autre série de canaux servent à expulser les sédiments contenus dans les cylindres vers un pipeline commun (Figure 3.21).

La différence entre la pression du fond de l'eau et celle de la surface crée une pression hydraustatique qui succionne les sédiments à travers les trois cylindres tour à tour. Une fois les cavités remplies, l'air est injecté (à l'aide d'un compresseur) pour expulser les sédiments (Figure 3.22). La succession des opérations est contrôlée par des valves automatisées qui

DRAGUE PNEUMA (Hand et al., 1978)

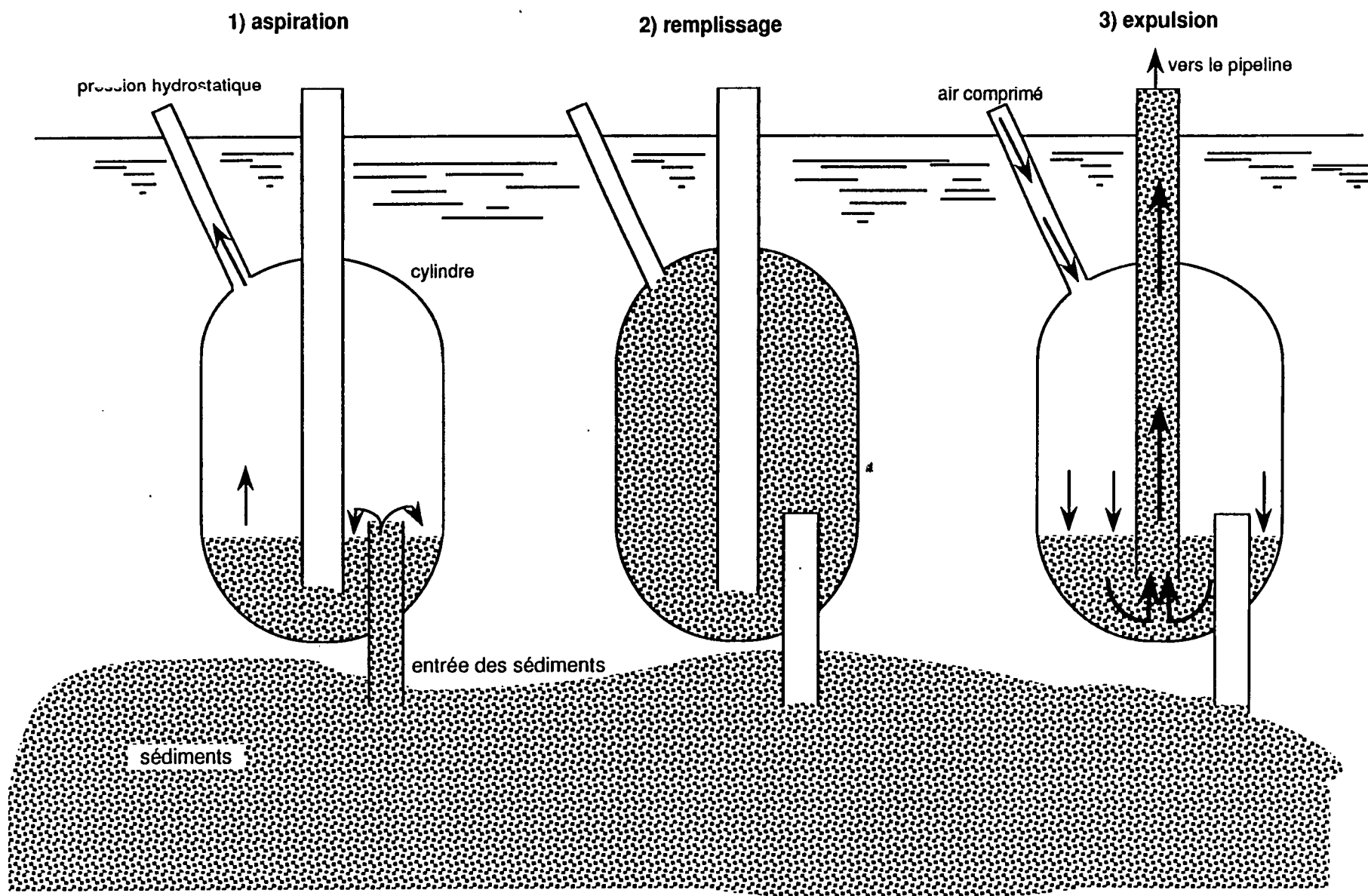


FONCTIONNEMENT DE LA POMPE OOZER (Koba et Shiba, 1981)



CYCLE D'ASPIRATION ET D'EXPULSION DES SÉDIMENTS PAR UN CYLINDRE DE LA DRAGUE PNEUMA

Figure 3.22



coordonnent le cycle de chaque cylindre et assurent une alimentation continue de boues vers le pipeline.

Les canaux raccordant la sortie des cavités vers le pipeline peuvent être changés pour s'adapter aux types de sédiments dragués. Le système "Pneuma" a été le premier à utiliser l'air comprimé au lieu d'une pompe centrifuge pour évacuer les boues. Le système est apparemment très répandu en Europe et au Japon (Herbich et Brahme 1983).

• Avantages et contraintes d'application

Le principal avantage est qu'il n'est pas nécessaire que les sédiments soient sous forme de boues liquides. La drague "Pneuma" peut opérer dans les matériaux mobiles (sable, limon, gravier) comme dans les matériaux compacts (argile dure, argile limoneuse sablonneuse, limon cohésif). Le contenu en eau des sédiments reste très faible avec ce type de drague. La drague "Pneuma" peut draguer en principe à des densités quasi identiques à celles du site dans des sédiments argileux et non compacts.

Théoriquement, il n'y a pas de profondeur limite de dragage avec la pompe pneumatique et comme elle est montée sur grue, elle est utile dans des ouvrages portuaires et dans leur voisinage. Cependant, les câbles et les canalisations peuvent temporairement obstruer les chenaux, et le rendement est modeste (46 à 300 m³/h) (S.A.I.C. 1985).

Le système se compose d'éléments démontables, transportables par route ou par avion.

Néanmoins les opinions des utilisateurs de ces dragues tant en Europe qu'aux Etats-Unis (le système n'est pas encore disponible au Canada) ont fait état de leur faible rendement, de fréquents

blocages à l'aspiration et en général d'une fiabilité très réduite. On rapporte une proportion moyenne de solide dans les boues recueillies de 20 à 50% (Herbich 1986). D'autres études maintiennent des concentrations de 80%.

La pression hydraustatique influençant l'efficacité du système, la drague "Pneuma" ne peut opérer en eau peu profonde. Ce type de drague s'applique à de grandes profondeurs mais ses mouvements latéral et vertical sont limités car la tête de la drague qui bouge relativement au bateau ou à la barge supportant la grue. La drague "Pneuma" est également limitée en profondeur à cause du système de compresseur d'air.

Comparées aux pompes conventionnelles, les dragues "Pneuma" ont une très grande efficacité dans le sable et l'argile.

Les dragues "Pneuma" ont été utilisées par le U.S. Army Corps of Engineers en Caroline du Nord, lors d'une étude pilote en 1984 et il semble que ces engins soient loin d'être au point (communication personnelle avec M. Mark Otis, un représentant du U.S. Army Corps of Engineers, New England Division septembre 1989). Il semblerait que la drague "Pneuma" aie causé une perte de temps considérable et des coûts associés injustifiés (consommation énergétique élevée). Depuis, ce type de drague n'est plus utilisé aux Etats-Unis.

• Performance environnementale

Les dragues "Pneuma" peuvent draguer des boues à haute teneur de solides (60 à 80% selon le fabricant japonais) et générer très peu de turbidité. De ce fait la manutention des sédiments s'en trouve réduite. Dans le programme de restauration du la Gibraltar à Santa Barbara au États-Unis, la drague "Pneuma" n'a généré aucun impact notable sur l'environnement.

3.3.2 Drague à vase "Oozer"

- Principe de fonctionnement

La drague à vase "Oozer", fabriquée au Japon par Toyo Construction Co. Ltd, peut draguer des sédiments dans le fond de rivières, de lacs, dans les ports, les baies, etc. Elle utilise le même principe que la drague "Pneuma", à la différence qu'un vacuum est créé pour remplir plus rapidement les cavités (au lieu de la pression hydraustatique). Ainsi lorsque la différence de pression n'est pas assez élevée entre le fond et la surface de l'eau (cours d'eau peu profond), alors la drague à vase est plus avantageuse que la "Pneuma". Au lieu de trois cylindres la drague à vase "Oozer" en compte deux au plus (Figure 3.21). Les têtes d'aspiration sont parfois munies de désagréateurs lorsque le type de sédiments à draguer l'exige.

La quantité de solides remis en suspension et l'épaisseur des dépôts prélevés ou à prélever sont enregistrés à haute fréquence par des senseurs soniques et une caméra sous-marine. Le contrôle des opérations est assuré au fur et à mesure (Herbich et Brahme, 1983).

Les dragues à vase sont normalement tirées par un système de câbles le long de la rive. Les câbles sont repositionnés lorsque nécessaire pour permettre une nouvelle "ligne" de dragage.

- Avantages et contraintes d'application

Les dragues à vase ont été conçues spécialement pour les sédiments contaminés (Herbich et Brahme 1983). Le rapport solide/sédiment peut atteindre 80%. Par rapport à une pompe classique, dans des sédiments denses, ce rendement est deux fois supérieur. Un mécanisme qui maintient l'orifice d'aspiration

parallèle au fond de l'eau améliore la précision du dragage (uniforme et continu). La profondeur maximale de dragage est de 46 m.

Des expériences sur cette drague ont montré qu'il faut toujours extraire une épaisseur de sédiments de 20% supérieure à l'épaisseur définie.

La drague oozier a une production de 350 à 500 m³/h (Thomas et al. 1985, Bonham 1989). Ces dragues ont donc un rendement modéré et elles peuvent nuire à la circulation maritime. De plus, le positionnement et le mouvement de la drague ne permettent pas de manipulation latérale (S.A.I.C. 1985). Les dragues à vase ne sont pas disponibles au Canada.

- Performance environnementale

Des échantillons de solides en suspension ont été prélevés dans un rayon de 3 m d'une drague à vase et ont été trouvés inférieurs à 6 mg/l. On rapporte que cette drague cause très peu de turbidité lorsque le matériau excavé est mou (Herbich et Brahme 1983, Raymond 1984).

- Mesures de mitigation

Des chercheurs japonais ont entrepris une évaluation de la turbidité provoquée par la drague à vase munie d'un bec "cleanup" lors du dragage de sédiments benthiques pollués dans la baie d'Osaka (Koba et Shiba 1984). Ils ont observé que la remise en suspension était causée principalement par le déplacement de l'orifice d'aspiration. En faisant varier l'allure du balayage, ils ont constaté que la remise en suspension peut être presque éliminée lorsque la vitesse était réglée à 6 à 7 m/mn. A 1,5 m du fond, les teneurs en matières en suspension s'échelonnaient

presque toujours entre 5 et 10 mg/l, ce qui était conforme à la teneur moyenne de fond de 9 à 10 mg/l de ce milieu.

3.3.3 Systèmes à aspiration (Airlift)

- Principe de fonctionnement

De l'air comprimé est injecté dans la coquille extérieure d'une élinde à double paroi. Quand l'air atteint la partie inférieure de l'unité, la différence de pression hydrostatique crée un mouvement puissant de succion (Pressair 1989). Le système peut être autoporteur, ou peut décharger dans des barges (Figure 3.23).

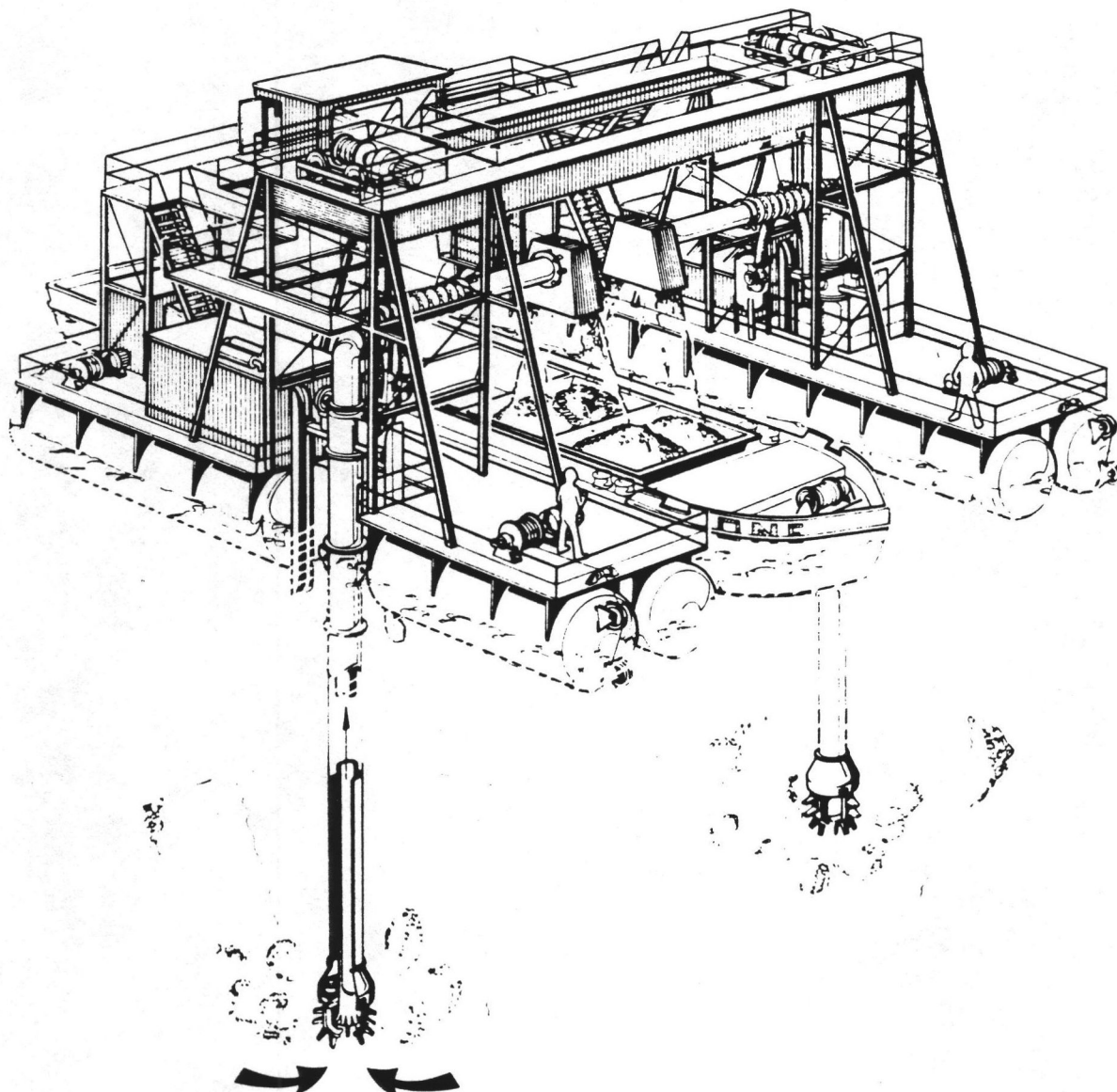
- Avantages et contraintes d'application

La publicité concernant ce système spécifie une capacité d'extraction variant entre 75 et 350 m³/h de solides, selon la profondeur de dragage. Le rapport eau/sédiments varierait entre 2:1 et 1:1, dépendant des conditions. La profondeur de dragage pourrait aller jusqu'à 80 m. Ce système a été utilisé à petite échelle au Québec dans le cas de déversements de mazout lourd plus dense que l'eau.

Il n'existe présentement aucune documentation scientifique de ces systèmes, si ce n'est la publicité de la compagnie (Pressair 1989). Des difficultés de fonctionnement reliées au blocage du tuyau d'aspiration sont à prévoir.

- Performance environnementale

Inconnue



3.3.4 Dispositif à main ("Hand-held")

- Principe de fonctionnement

Le dispositif manuel est une drague à air comprimé, adaptée à partir d'équipements existants conçus pour d'autres applications (Figure 3.24). Ces engins peuvent être utilisés sur l'eau ou sous l'eau. Sous l'eau, ils sont généralement opérés par des plongeurs; les pompes et réservoirs de stockage sont situés à bord d'une barge, d'un bateau ou d'un camion.

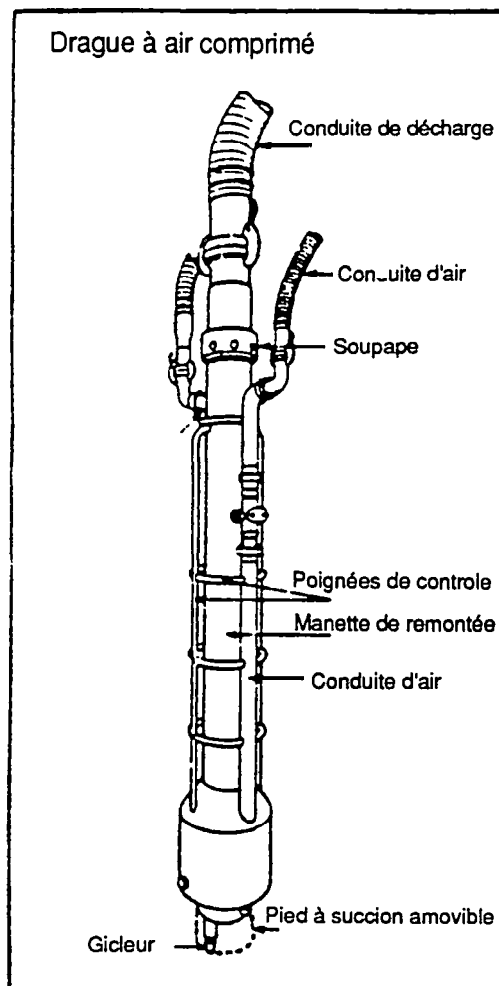
Développées initialement pour les besoins de l'archéologie sous-marine, les dragues manuelles sont maintenant utilisées dans certains projets de dragages particuliers. La principale application de tels dispositifs manuels est le dragage de précision de masses intactes de polluants solides ou liquides (S.A.I.C. 1985, Bonham 1989).

- Limites et contraintes d'application

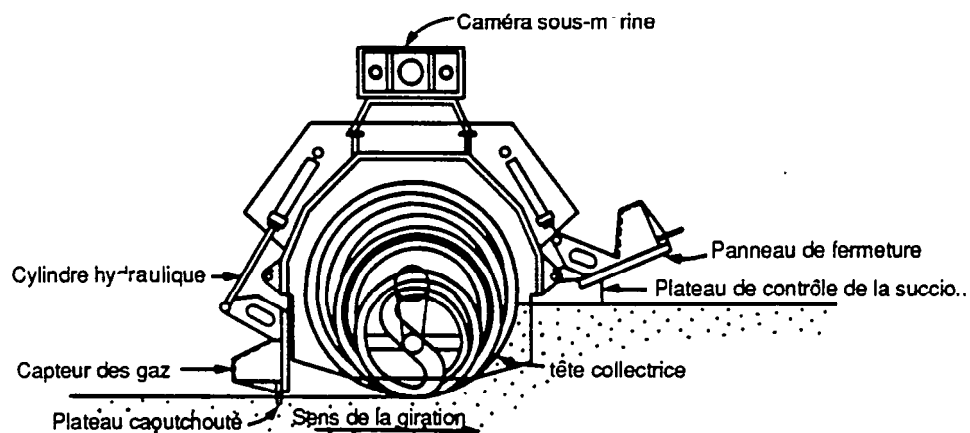
Ces dragues sont utilisées principalement pour des projets où la précision de dragage est importante. Ces dragues peuvent être conçues facilement et assemblées avec de l'équipement à la portée de la main. Les unités qui opèrent sur l'eau sont limitées aux plans d'eau peu profonds. Ces dispositifs à main sont très mobiles et extrêmement répandus. Ils sont particulièrement efficaces pour aspirer des masses identifiables de polluants à l'état pur, particulièrement les liquides et les produits à l'état libre.

Leur principal inconvénient est le risque d'exposition des scaphandriers aux polluants. Le gouvernement américain a étudié avec beaucoup d'attention la sécurité des plongeurs là où il y a eu déversement de matières dangereuses.

DISPOSITIF À MAIN
(SAIC, 1985)



VUE FRONTALE DU SYSTÈME JAPONAIS REFRESHER
(Kaneko, Watari et Artoni, 1984 cité par Palemo et Pankow, 1988)



Des travaux de récupération de mazout lourd ont été accomplis en utilisant le même principe à partir du fond de la rivière Outaouais en 1974 et en 1978. Une entreprise canadienne basée à Montréal, avait alors réalisé ces travaux.

Les systèmes à main sont conçus pour draguer de petits volumes dans des eaux calmes. Ces dispositifs n'ont qu'un faible rendement d'environ $10,6 \text{ m}^3/\text{h}$. La profondeur limite d'utilisation est de 31 m (Bonham 1989). Les boues liquides pompées contiennent généralement entre 1 et 10 % de solides.

- Performance environnementale

Le nettoyage des sédiments contaminés aux biphényls polychlorés (BPC) dans le côté Sud du Shiawassee River dans le Michigan a été effectué principalement à l'aide des conduites à succion contrôlées par les plongeurs. De même des sédiments contaminés de la rivière Rideau (HAP) et de la rivière St-Clair (solvants chlorés) ont ainsi été recueillis au cours des dernières années.

Le brassage de l'eau par le mouvement des plongeurs, peut constituer un danger dans le cas de sédiments contaminés mais on considère généralement que les taux de remise en suspension pour ce genre d'équipement sont extrêmement faibles (Hand et al. 1978 cité par S.A.I.C. 1985).

3.3.5 A tarière hélicoïdale ("Refresher")

- Principe de fonctionnement

Produit par Penta Ocean Construction du Japon, le système "Refresher" est une drague suceuse classique à désagregateur modifié pour le nettoyage des sédiments toxiques de manière à prévenir la formation et la dispersion de la turbidité et

permettre l'extraction de la totalité des sédiments (Figure 3.24) (Bonham 1989).

Le système "Refresher" est constitué d'une tête en forme d'hélice afin de diriger les sédiments dans la succion, et munie d'un couvert protecteur pour réduire la remise en suspension (Kaneko et al. 1984, Raymond 1984). Le système est très semblable à la drague "Waterless" (section 3.3.9). Il utilise une élinde articulée pour enlever une épaisseur optimale de sédiments sans causer de turbidité.

- Avantages et contraintes d'application

Le rendement du système à tarière hélicoïdale est de 150 à 1 000 m³/h. Ce rendement est cependant plus faible que celui de la drague à désagréateur. Les boues extraites contiennent entre 30 et 40 % (en poids) de solides. Toutefois, la profondeur de dragage est comprise entre 20 et 35 m (Bonham 1989). Ce dispositif n'est pas encore disponible au Canada.

- Performance environnementale

Au cours de plusieurs essais comparatifs conduits sur des sédiments de même texture, la drague à tarière hélicoïdale "Refresher" a produit des concentrations de solides en suspension de 4 à 23 mg/l dans un rayon de 3 m de la tête de la drague, alors que la drague suceuse à désagréateur a accusé une valeur de 200 mg/l. Kaneko, Watari et Aritomi (1984) concluent lors de leur étude que le système "Refresher" produit 1/50 de la remise en suspension totale générée par une drague suceuse à désagréateur comme l'indique le Tableau 3.7.

De plus, la drague peut être munie d'une caméra sous-marine de surveillance pour le contrôle de la turbidité.

**TABLEAU 3.7: COMPARAISON DE LA TURBIDITE GENeree PAR LE DRAGAGE
D'UNE SUCEUSE DESAGREGATRICE ET DU SYSTEME A
TARIERE HELICOIDALE (D'après Kaneko et al. 1984)**

T Y P E	VITESSE DE DESCRIPTION DES ARCS (m/min)	SUPERFICIE DE TURBIDITE (m ²)	MOYENNE SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	TURBIDITE GENeree PAR min/hr		VOLUME DE DRAGAGE (m ³ /hr)	CONTENU NET DE TURBIDITE GENeree (t/m ³)
				(t/min)	(t/hr)		
Drague suceuse désagrégatrice	10 (5-10)	50	200 (100-200)	0,10	5,19	600	8×10^{-3}
Système à tarière hélicoïdale dans la baie T	5	14	4,5	$3,15 \times 10^{-4}$	0,011	273	$0,04 \times 10^{-3}$
	10	17,5	23,3	$4,08 \times 10^{-3}$	0,107	393	$0,27 \times 10^{-3}$
Système à tarière hélicoïdale dans la baie M	4	14	4,2	$2,35 \times 10^{-4}$	0,011	144	$0,08 \times 10^{-3}$
	8	24,5	19,1	$3,74 \times 10^{-3}$	0,150	240	$0,63 \times 10^{-3}$

3.3.6 Désagrégateur à tarière horizontale ("Mudcat")

- Principe de fonctionnement

La drague à tarière horizontale "Mudcat" est une drague hydraulique portative⁽¹⁾ conçue et mise au point par l'U.S. National Car Rental Agency (Figure 3.25), aujourd'hui devenue Ellicot Machine Corporation. Elle est montée sur des pontons et munie d'un désagrégateur en forme de tarière qui achemine la boue liquide par une pompe centrifuge. Cette drague a été conçue pour extraire les sédiments fins. Un écran sur la tête désagrégratrice minimise la turbidité.

L'embarcation n'est pas autopropulsée; le navire sur laquelle est installée doit s'aligner et se fixer par câble et ancrage. Elle se déplace donc le long d'un câble d'ancrage; les déblais de dragage sont évacués par une canalisation montée sur flotteurs (S.A.I.C. 1985).

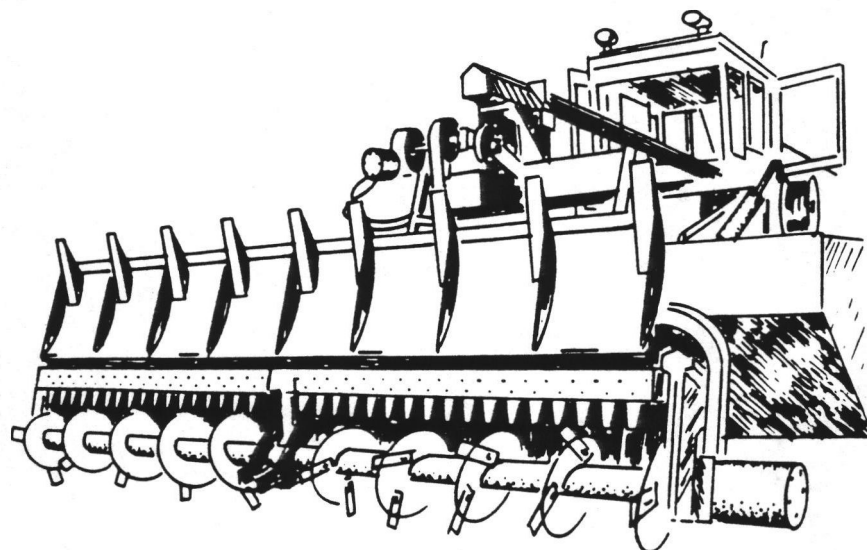
Ce genre d'équipement est utilisé couramment au Canada pour des travaux de petite et moyenne envergure, lorsque les profondeurs sont réduites.

- Avantages et contraintes d'application

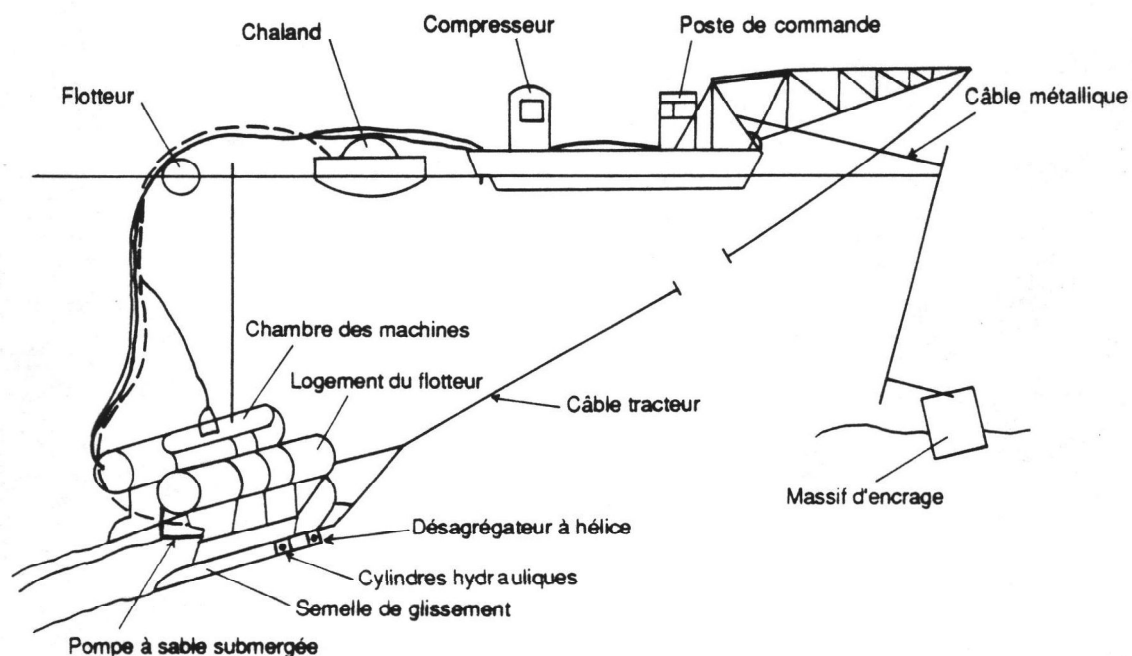
Son principal avantage est sa petite taille, ce qui facilite le transport par camion ou aéronef pour des travaux dans des endroits confinés et peu accessibles. La drague à tarière

(1) Une drague est considérée comme portative si le déplacement d'un site de travail à un autre se fait par voie routière. Si cette dernière doit être démantelée pour fins de transport, elle doit être conçue de façon à ce que le désassemblage et l'assemblage s'effectuent facilement et rapidement (Clark 1983).

DRAGUE MUDCAT



DRAGUE SOUS-MARINE



horizontale peut excaver à des profondeurs aussi faibles que 0,5 m. Cette drague produit un fond uniforme et est adaptée pour les sédiments pollués.

Le manufacturier prétend que les boues déchargées contiennent 60% de solides.

La Compagnie Vaughn Inc. et Mudcat ont mis au point le Vaughn Lagoon Pumper, une unité de pompage électrique portative montée sur une plateforme entre deux flotteurs de polyéthylène. L'unité s'est avérée efficace, elle enlève les solides décantés des étangs organiques et industriels avec moins de dilution à des coûts moindres de transport et de mise en dépôt (MUDCAT 1983 cité par S.A.I.C. 1985).

En raison de sa taille et de son rendement maximum de 92 m³/h, le système "Mudcat" convient pour de petits travaux et des profondeurs maximales de 6,1 m. On a reconnu la sensibilité de la drague à tarière horizontale aux vents modérés. En effet, le rendement est réduit en présence de vent alors qu'un réajustement constant de la position est nécessaire.

• Performance environnementale

Les dragues à tarière horizontale "Mudcat" ont été utilisées à plusieurs reprises pour l'enlèvement de sédiments pollués et furent étudiées par l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis (EPA) (S.A.I.C. 1985). Une série d'essais, financés par l'EPA ont montré que la remise en suspension des sédiments était faible et que le panache de turbidité se limitait à un rayon de 4,5 à 6 m du point de dragage. Lors d'une simulation de défaillance du système, le panache de M.E.S. ne s'est pas étendu au-delà de 7,6 m (S.A.I.C. 1985, Bonham 1989).

- Mesures de mitigation

Herbich et al. (1989) affirment que la resuspension des sédiments peut être réduite en ajustant la puissance de la succion à la vitesse de rotation de la tarière et à la profondeur de coupe.

3.3.7 Dragues sous-marines (Underwater)

- Principe de fonctionnement

Il existe différents types de dragues sous-marines, opérées par des plongeurs ou télécommandées. Tous ces types sont expérimentaux et de conception japonaise. Aucune exploitation industrielle de cet équipement n'existe encore (A.I.P.C.N. 1977). Les unités de dragage se déplacent au fond de la mer, tout en étant reliées à la surface pour leur alimentation en énergie et en air comprimé ainsi que pour l'évacuation des sédiments dragués. Le dispositif japonais dit "du fond de la mer" est présenté à la Figure 3.25.

- Avantages - contraintes d'application

Le principal avantage de ce type d'équipement sera de permettre le travail par mauvais temps. A ce jour, les principales contraintes sont que ce type d'équipement est encore en phase de développement et que son rendement est modeste.

- Performance environnementale

Aucune étude ou estimation concernant sa performance environnementale n'est pas encore disponible.

3.3.8 Drague suceuse de type "Matchbox"

- Principe de fonctionnement

La drague suceuse de type "Matchbox" est en fait drague suceuse à désagregateur dont la tête a été entourée d'une enceinte en forme de boîte d'allumettes (Figure 3.26). Elle a été développée par le Port de Rotterdam et la compagnie de dragage néerlandaise Volker Stevin afin de draguer les sédiments très contaminés (Hayes et al. 1988).

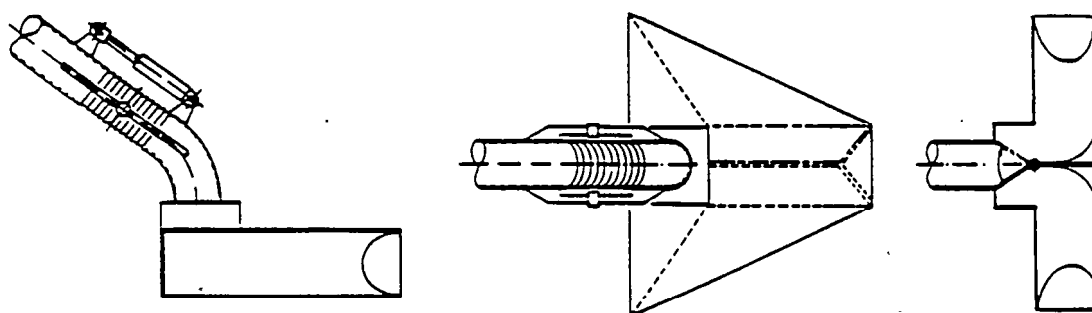
Le confinement de la tête empêche les bulles de gaz de s'échapper du fond et prévient la remise en suspension des sédiments. Les valves contrôlées à chacune des deux ouvertures situées de part et d'autre de la tête de succion permettent de minimiser l'entrée d'eau lors des mouvements de giration. L'angle entre la tête et l'élinde s'ajuste pour maintenir un angle optimal avec le fond.

La drague "Matchbox" est équipée d'un système de contrôle par ordinateur et d'un appareil mesurant la densité des boues. Le signal de ce dernier avertit l'ordinateur de ralentir ou d'accélérer la vitesse de succion ou de giration. La taille de la boîte entourant la tête, la vitesse de giration et d'aspiration ont été calibrées pour minimiser les pertes et la remise en suspension des sédiments (Hayes et al. 1988)

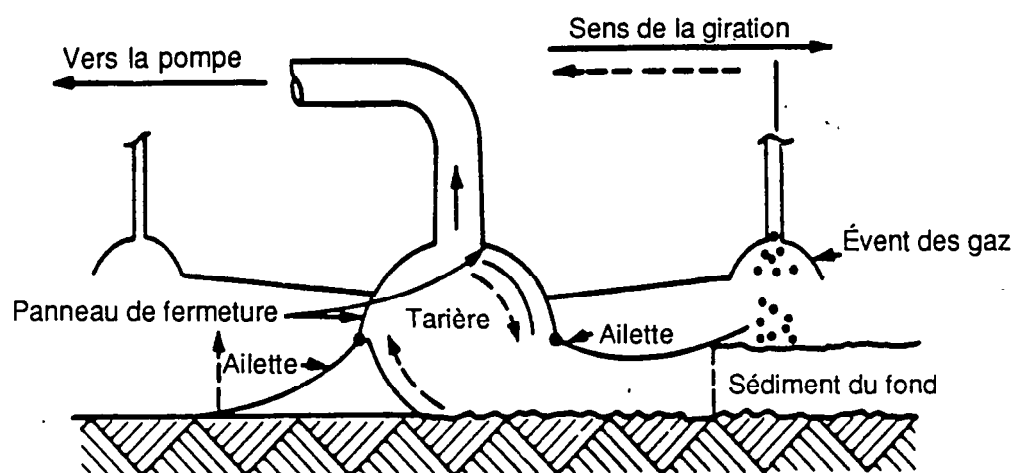
- Avantages et contraintes d'application

La tête de la drague a été conçue pour draguer des sédiments tels que le limon à une densité quasi-identique à celle du site. La drague "Matchbox" peut opérer dans des aires restreintes avec une grande manoeuvrabilité. Les instruments de positionnement associés à la "Matchbox" évitent d'enterrer la drague ou de passer trop superficiellement sur le fond. Cependant, les débris

SYSTÈME MATCHBOX



SYSTÈME CLEAN-UP (Raymond, 1984)



et les sédiments peuvent entraîner un blocage de la succion. Le transport et les opérations de disposition des boues est difficile avec la "Matchbox" (Herbich 1986). Ce type de drague n'est pas encore disponible au Canada.

Les avantages et les contraintes d'application sont les mêmes que pour la drague suceuse à désagréateur soit principalement:

- rendement élevé;
- dragages d'entretien aussi bien que dragages de construction;
- capacité d'excaver des matériaux alluviaux aussi bien que des dépôts compacts;
- contrôle facile de la profondeur excavée;
- opération difficile en présence de vagues;
- obstruction de la navigation;
- nécessité de pompes de refoulement pour le transport sur de longues distances;
- profondeur maximale de dragage d'environ 15 m.
- Performance environnementale

Contrairement à la drague à désagréateur conventionnelle, la drague "Matchbox" réduit la remise en suspension des sédiments à son minimum pendant le dragage de couches d'épaisseur variable.

Les études de terrain menées à Calumet Harbor (Hayes et al. 1988) comparent les caractéristiques de remise en suspension des deux types de dragues pour les mêmes conditions hydrodynamiques et d'opération et les mêmes sédiments: les deux dragues affichent une performance équivalente (toutefois la drague "Matchbox" n'a pas été utilisée avec l'instrumentation de positionnement).

Une autre étude pilote à New Bedford a comparé une drague "Matchbox", une drague suceuse désagrépatrice et une drague à tarière horizontale "Mudcat" (U.S. Army Corps of Engineers, Palermo et Pankow 1988). Le classement final sur le critère des solides en suspension s'est établi comme suit:

- 1) drague suceuse désagrépatrice
- 2) drague "Matchbox"
- 3) drague à tarière horizontale "Mudcat"

La drague "Matchbox" présentait un inconvénient majeur: le colmatage de la tête et de la prise d'aspiration par les débris. Pour dégager la tête il fallait la sortir de l'eau et la manipuler. La turbidité et l'exposition aux contaminants ont déclassé la "Matchbox".

Le même genre d'exercice comparatif a été réalisé avec la drague "Matchbox", la drague à benne preneuse et la drague suceuse désagrépatrice (Hayes et al. 1988). La performance environnementale des trois dragues se présente dans l'ordre suivant:

- 1) drague suceuse désagrépatrice
- 2) drague "Matchbox"
- 3) drague à benne-preneuse

Le Tableau 3.8 illustre ce classement par les surfaces de contour de 10 mg/l pour chaque type d'opération de dragage. La drague mécanique affecte toute la colonne d'eau alors que les deux autres affectent seulement la limite inférieure.

TABEAU 3.8: SURFACE DU PANACHE DE TURBIDITE CORRESPONDANT AU
CONTOUR DE 10 mg/l POUR LES DRAGUES SUCEUSE
DESAGREGATRICE, A BENNE-PRENEUSE, ET MATCHBOX
(Tiré de Hayes et al. 1988).

PROFONDEUR POURCENTAGE	DRAGUE SUCEUSE DESAGREGATRICE (hectares)	DRAGUE A BENNE PRENEUSE (hectares)	DRAGUE SUCEUSE DE TYPE "MATCHBOX" (hectares)
5	0	0,68	0
50	0	0,7	0
80	0	---	0,16
95	0,48	1,4	1,2

- Mesures de mitigation

Afin de minimiser la turbidité, le désagréateur et les jets d'eau, couramment utilisés sur les dragues suceuses, ont été omis.

3.3.9 Dragues sèches ("Waterless")

- Principe de fonctionnement

La drague sèche, développée en 1978 par la compagnie du même nom, a été conçue pour l'enlèvement des sédiments avec un minimum d'eau. Il s'agit d'une pompe centrifuge submergée et d'une tête désagréatrice couverte par un écran demi-cylindrique ("shrouded roll over cutterhead"). On force la désagréatrice à "mordre" le fond et à soulever les sédiments qui sont entraînés vers l'orifice de la pompe placé à proximité immédiate. L'écran confine la tête désagréatrice et l'aspiration avec un minimum de dilution (Herbich et Brahme 1983).

- Avantages et contraintes d'application

Ces dragues produisent des résidus à forte teneur en solides. La compagnie de dragage "Waterless" prétend que les boues aspirées ont une teneur entre 10 et 50%, en volume (World Dredging and Marine Construction 1980 cité par S.A.I.C. 1985, Palermo et Pankow 1988).

La drague sèche ne peut cependant dépasser des profondeurs de plus de 4,8 m. Ce modèle n'est pas encore disponible au Canada.

- Performance environnementale

Selon le manufacturier, la génération de turbidité avec le système "Waterless" est minime. Cependant la drague sèche a été utilisée pour enlever les sédiments contaminés au plomb du Mill River dans le Connecticut. La remise en suspension et la décantation subséquente de ces sédiments étaient apparemment suffisamment élevées pour justifier un second dragage des surfaces ainsi recontaminées (York Wasterwater Consultants, 1983 cité par S.A.I.C. 1985).

3.3.10 Système de nettoyage "Clean-up"

- Principe de fonctionnement

Un bec d'élinde couvert, mis au point au Japon par Toa Harbor Works sous le nom de "clean-up", est utilisé avec des dragues suceuses hydrauliques conventionnelles pour l'enlèvement des sédiments très pollués. Ainsi, la pompe centrifuge submergée est améliorée par l'ajout d'ailettes au bec d'élinde facilitant l'entraînement de l'eau et des sédiments dans le même sens (Figure 3.26). De plus, un piège capture les gaz nocifs résultant de la perturbation des sédiments et une caméra sous-marine observe la resuspension des sédiments. On peut aussi ajouter un sonar pour détecter l'épaisseur draguées et à draguer (Raymond 1984, Thomas et al. 1985, Palermo et Pankow 1988).

- Avantages et contraintes d'application

Le système "clean-up" est équipé de dispositifs de contrôle qui assurent une profondeur de coupe et une densité des boues constantes.

Le rendement du système est apparamment très bon. Le Canada ne dispose pas de dragues de ce type.

• Performance environnementale

Le système "clean-up" est muni d'une télévision sous-marine pour montrer la remise en suspension des sédiments pendant le dragage (Raymond 1984). Avec le dispositif "clean-up", la remise en suspension des matériaux de dragage est minime.

Les études ont montré que les concentrations des solides en suspension a proximité du bec varient de 1,7 à 3,5 mg/l à la surface; de 1,1 à 7,0 mg/l à 3 m au-dessus de la succion. La concentration des solides en suspension associée au niveau naturel de base à proximité de la surface étaient moins de 4,0 mg/l (Herbich et Brahme 1983). La turbidité à proximité du bec peut demeurer pratiquement inchangée par rapport à l'eau non perturbée.

Le Tableau 3.9 fait état des performances environnementales de quatre dragues japonaises de type pneumatique, dont la drague "Clean-up".

De toutes les dragues compilées au Tableau 3.9, le "Système de nettoyage" engendre apparemment le moins de remise en suspension sur toute la colonne.

3.4 Mesures auxiliaires de contrôle des impacts environnementaux

L'impact environnemental d'un équipement de dragage dépend autant des caractéristiques de conception que des méthodes d'opération. Cette section présentera les méthodes générale de contrôle du dragage visant à augmenter la production horaire et à

**TABEAU 3.9: NIVEAUX DE REMISE EN SUSPENSION (mg/l) DES DRAGUES
DE CONCEPTION JAPONAISE**

(Herbich et Brahme 1983)

Nom de la drague	Niveaux de remise en suspension (mg/l)
Drague "Pneuma".	48 mg/l à 0,9 m au-dessus du fond. 4 mg/l à 7 m au-dessus du fond (4,9 m en face de la pompe).
Système de nettoyage (Clean-up)	1,1 à 7,0 mg/l à 0,9 m au-dessus de la succion. 1,7 à 3,5 mg/l à la surface.
Pompe à vase ou "oozer"	6 mg/l (niveau naturel de base) à 0,9 m de la tête
Drague à tarière hélicoïdale ("Refresher")	4 à 23 mg/l à 0,9 m de la tête

minimiser la remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau. Ces méthodes s'appliquent à tout les types de dragues.

3.4.1 Devis

Tous les éléments consignés dans le devis serviront de base aux contrats de dragage comme outils techniques essentiels, guidant le projet. Ils doivent couvrir l'étude du site, et des sédiments, le plan d'opération, l'équipement proposé, les contraintes et les difficultés envisagées.

Le devis doit contenir la description du cours d'eau. Ainsi, si le dragage se fait dans des zones de courants assez forts, ou en présence d'une turbulence naturelle, le dragage devrait s'opérer en partant de l'amont, vers l'aval. En ce cas, la turbidité créée s'étend en aval de la drague, dans la zone où les travaux seront réalisés par la suite. La décantation des particules en suspension avec ou sans flocculation naturelle permettra de les reprendre lors de l'avancement de la drague.

La description du site inclut aussi celle de la climatologie qui déterminera entre autres la période optimale de dragage. Par exemple, si on doit draguer dans des sédiments contaminés submergés, les projets devraient être prévus pendant les périodes de faible hydraulité et de vent calme.

Le devis doit tenir compte des caractéristiques des sédiments telles que:

- la distribution et la taille des particules (rapport granulométrique sable/limon);
- la densité;

- le coefficient de cisaillement et la viscosité;
- la cohésion et la compaction;
- la teneur en matière organique;
- la composition minéralogique;
- la teneur des gaz du fond.(1)

Le devis devrait aussi stipuler la précision avec laquelle l'enlèvement des sédiments sera mesurée.

Le devis devra tenir aussi compte de la capacité et des limites de l'équipement de dragage. Ainsi le temps requis afin d'exécuter le dragage dépendra:

- de la disponibilité de l'équipement;
- de l'endroit duquel il doit être transporté (éloignement);
- du temps requis afin d'obtenir le permis.

On devra décrire toutes les mesures et procédures qui permettent de réduire la turbidité, ou l'agitation du lit du cours d'eau pendant l'opération de dragage. La meilleure approche (spécifique à chaque projet) sera choisie. En effet, il est possible de proposer l'utilisation des dragues à faible turbidité, ou des

(1) Les activités de dragage induisent la fuite des gaz accumulés au fond, causant ainsi la remise en suspension du limon. Ce limon peut être diffusé sur toute la profondeur de l'eau parce que les particules adhèrent aux bulles de gaz, qui remontent à la surface de l'eau.

équipements auxiliaires, ou des techniques à appliquer, mais laissant la liberté à l'entrepreneur de choisir lui-même les moyens par lesquels il peut rencontrer les objectifs fixes.

Cette précaution est d'autant plus importante pour les sédiments contaminés pour lesquels les caractéristiques suivantes devraient être soulignées:

- les volumes des sédiments à enlever et leur position;
- les niveaux maximum de turbidité ou de matière en suspension acceptés en aval afin de s'assurer que le dragage soit efficace du point de vue environnemental;
- le pourcentage acceptable de pertes.

Dans le cas de sédiments contaminés le devis devrait aussi décrire les mesures de sécurité pour le personnel lors de la manipulation des équipements. Par exemple, on règlemente parfois le port d'un masque, de bottes "NÉOPRENE" et d'une combinaison imperméable et étanche. Il est aussi recommandé de mettre à la disposition des travailleurs des installations sanitaires et de suggérer le lavage fréquent des mains et du visage. On interdit généralement de fumer, de boire et de manger sur le chantier.

Il arrive qu'on échantillonne l'air ambiant pour certaines opérations susceptibles de dégager des gaz toxiques. Notez que le dégagement de tels gaz est un phénomène marginal qui se produit très rarement.

3.4.2 Précision lors de l'activité de dragage

La précision de dragage variera en fonction des besoins et de la

précision avec laquelle le navire et la tête de la drague sont positionnés. On peut fixer le navire de trois façons:

- à l'aide du mouvement entre le cable et le treuil;
- entre des bouées de positionnement pour une drague autopropulsée;
- à l'aide de pieux d'ancrage.

• Produits liés au contrôle du positionnement du navire

Avant de fixer le navire au-dessus du point de dragage il faut connaître sa position géographique exacte. Une multitude de systèmes de positionnement sont présentement disponibles sur le marché. La plupart utilisent le principe de balises ou stations-repert qui émettent un signal radio de fréquence et vitesse connues. Ainsi, la distance de la balise au navire est une fonction du temps de parcours de l'onde. En utilisant un principe de triangulation, la position absolue du bateau est obtenue à partir de deux balises ou plus. Plus le nombre de balises est élevé, plus la position du navire (récepteur) est connue avec précision. Le Tableau 3.10 donne quelques exemples de systèmes de positionnement disponibles sur le marché mondial.

Les signaux optiques (laser) servent aussi quelquefois de balises. Certains systèmes au laser nécessitent seulement une station en rive et sont très performants au niveau de la rapidité et de la précision. Les faisceaux laser ont l'avantage de ne présenter aucun obstacle à la mobilité des navires et sont facilement visibles la nuit, ou pendant le brouillard (World Dredging, 1983).

TABLEAU 3.10: PRODUITS DE CONTROLE DE POSITIONNEMENT DU BATEAU DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL

NOM ET FABRICANT	PORTÉE	PRÉCISION	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
MAXIRAN (Offshore Navigation Inc. ONI 1983)	130 km	--	Par triangulation avec les signaux radio de 2 ou 3 stations-repert au sol
SHORAN Extended Range (ONI, 1978)	130 à 450 km	15 à 25 m	Signal entre 220 et 470 MHz reçu d'une balise au sol. La performance dépend des conditions météorologiques et des conditions de propagation des ondes dans la troposphère
MICROPHASE (ONI, 1981)	200 à 400 km	1 m	Le récepteur (bateau) et les émetteurs au sol (2 à 4) sont calibrés avant l'expédition de façon à évaluer, à mesure, le nombre de longueur d'onde séparant chaque balise du bateau. Les signaux étant synchronisés, seule la phase des ondes est analysée.
TYPE N RAYDIST (ONI, 1980)	110 à 400 km	2 m	Même principe que le MICROPHASE sauf qu'on utilise 4 stations-repert et 1 station-relai. La fréquence des émetteurs est de 1 600 à 1 800 Hz.
DR et DRS RAYDIST (ONI, 1980)	140 à 400 km	1 m	Les deux stations-repert envoient un onde avec une fréquence distincte (1 600 à 1 800 et 3 300 à 3 400 Hz). L'analyse de la phase des signaux reçus sert au calcul de distances.

TABLEAU 3.10: PRODUITS DE CONTROLE DE POSITIONNEMENT DU BATEAU DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL (suite)

NOM ET FABRICANT	PORTÉE	PRÉCISION	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
RADIOPOSITIONING ATOMIC CLOCK (RAC System ONI, 1980)	200 à 400 km	4 m	La station mobile et les 2 stations-repert sont synchronisées par rapport à la fréquence d'un cristal de césium. La comparaison des phases et la triangulation donnent la position du bateau.
AUSTRON MODEL 5000 LAURAN-C (ONI, 1977)	1 500 km minimum 10 km	30 m	Établit la position du navire en temps réel, corrige et maintient le cap à l'aide des ondes radio de 3 stations-repert. Les émetteurs et le récepteur sont synchronisés sur un temps de référence arbitraire. Le système sur le bateau traque et interprète les différences de phase en fonction de la distance parcourue par les ondes.
ONI-7000 (ORAN-C Navigator (ONI, 1982)	1 300 km	10 m au repos 100 m en mouvement	Jusqu'à 8 stations-repert pour établir la position absolue du navire (lat. et long.) ou la position relative (par rapport à un point fixé ou une trajectoire fixée). Le cap du navire est maintenu automatiquement par rapport aux variations du champs magnétique terrestres.
LORAN ACCUFIX, (ONI, 1978)	520 km	7 à 15 m	Système portatif sur le principe d'ondes radio provenant de 3 stations-repert dont les différences de temps de parcours par rapport à un temps de référence arbitraire, représentent la distance jusqu'au bateau.

TABLEAU 3.10: PRODUITS DE CONTROLE DE POSITIONNEMENT DU BATEAU DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL (suite)

NOM ET FABRICANT	PORTÉE	PRÉCISION	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
AXYLE, (SERGEL 1989)	5 km	10 à 30 m	8 stations-repert envoient une onde radio (5,8 à 2,4 GHz) pouvant être reçue de 4 utilisateur mobiles. Système indépendant des conditions météorologiques et fournissant la position en temps réel.
SYLEDIS (SERCEL, 1982)	10 à 400 km	1 m	Même principe que AXYLE avec 3 stations-reperts et 1 station mobile réceptrice (bateau)
ARGO-DM-54 (CUBICNERN DATA, 1982)	130 à 500 km	—	2 à 4 balises au sol émettent à une fréquence entre 1 600 et 2 00 KHz. La vitesse de propagation de ces ondes étant bien connue, le temps de parcours est déduit à la réception sur le bateau. Jusqu'à 12 stations mobiles réceptrices peuvent "intérogner" les stations-repert avec un délai maximal 2 secondes. Ce système est influencé par les conditions météorologiques.
MINI-RANGER SYSTEM (Motorola, 1983)	10 à 13 km	2 m	Tous les 10 secondes le calcul de la position est renouvelé sur le bateau à partir d'au moins 2 stations émettrices (ondes radio). Ce dispositif est indépendant des conditions météorologiques puisque le système de réception compare les ondes reçues avec une onde de référence subissant les mêmes conditions de propagation. Les émetteurs sont autonomes (à piles).

TABLEAU 3.10: PRODUITS DE CONTROLE DE POSITIONNEMENT DU BATEAU DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ MONDIAL (suite)

NOM ET FABRICANT	PORTÉE	PRÉCISION	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
JMR-4 Sealand Surveyor (JMR, 1982)	—	25 m au repos 250 m en mouvement	La position est déterminée à l'aide de signaux provenant d'un satellite géostationnaire (400 MHz) et d'une station terrestre (150 MHz). Les signaux reçus au bateau ne dépendent pas des conditions météorologiques et permettent de déterminer la position dans les 3 dimensions (x,y,z).
RADAR (RACAL MARINE COMPAGNIE, 1987)	—	—	Le radard utilisé pour le positionnement d'un navire informe sur la distance relative par rapport à un ou plusieurs autres objets en périphérie. Si la position de ces objets est connue alors la position absolue du navire peut être déterminée.

Pour le contrôle de la position du navire on ajoute les systèmes de navigation permettant de maintenir un cap ou de diriger directement les mouvements du bateau :

- boussole électronique;
- gyrocompas;
- mesure de la hauteur des vagues;
- mesure de la marée;
- mesure du gîte;
- mesure du courant;
- contrôle du sens du déplacement du bateau (avant/arrière);
- contrôle et régularisation de la vitesse;
- contrôle de l'accélération;
- indicateur de la distance parcourue;
- programmation d'un parcours prédéterminé.

• Produits liés au contrôle du positionnement à l'extraction

Outre les équipements pour positionner la navire, il existe des équipements de repérage sous l'eau pour l'extraction elle-même. Ces équipements assurent l'enlèvement intégral du volume prévu. On minimise ainsi le surdragage et les coûts associés à la manipulation, au traitement et au dépôt des sédiments excédentaires.

Des logiciels de levées de terrains donnent le profil bathymétrique avant et après le dragage, donnent le volume dragué, le volume des obstacles, le calcul des surfaces ainsi que la profondeur de l'eau. Le système canadien de génération de cartes sous-marines "ISOPAC-3.0" de BYTOWN MARINE LTD (1987) en est un bon exemple.

Ces logiciels sont jumelés à des systèmes de visualisation des surfaces et de la position des équipements (tête de dragage).

L'alignement de la tête de dragage s'effectue souvent grâce à des caméras et écrans-témoin. Le HPR-SSDL de SIMRAD (Norvège) et le ATS-NAUTRONIX de AANDERAA INSTRUMENTS LTD (Australie) déterminent, quant à eux, le positionnement de la tête de la drague au moyen d'une onde acoustique.

Le premier peut intercepter directionnellement le signal provenant de plusieurs sources mobiles au fond de l'eau. Le deuxième système établit la position de 8 émetteurs fixes ou mobiles sous l'eau. Les ondes acoustiques sont reçues et interprétées au bateau. Le dispositif français "HIGHT FREQUENCY BAND DREDGEHEAD POSITIONING" de OCEANO INSTRUMENT (1987) a même été développé spécialement pour une drague à deux têtes de succion. De la même compagnie, et sur le principe de l'onde acoustique, le "RM-201" (1981) peut atteindre une précision de positionnement de 0,3 m à des profondeurs dépassant 1 000 m pour quatre objets mobiles à la fois, avec un délai de réponse de 20 à 40 sec.

Ces systèmes de repérage sous l'eau servent aussi au positionnement du pieu de support, au compensateur de houle, au positionnement des déversements de boues dans l'eau et à l'inspection des pipelines.

Pour les sédiments contaminés le système de repérage sous l'eau est d'autant plus déterminant. A l'aide d'un de ces systèmes on a imaginé un contrôle des opérations de dragage utilisant une grille (mesurant par exemple 70 m X 70 m). Cette grille permet d'assurer le chevauchement des coupes (idéalement 0,3 m de chevauchement), et l'enlèvement plus complet des sédiments contaminés tout en évitant le surdragage (Palermo et al. 1988, S.A.I.C. 1985).

Le dispositif DNDLS d'OCEANO INSTRUMENT (1987) réunit toutes les opérations de positionnement: trois stations-repert à ondes radio pour la position du navire et un système acoustique pour la tête de la drague. Il présente, en plus, graphiquement le profil bathymétrique et contrôle les déplacements du navire selon une trajectoire programmée.

Les autres opérations de contrôle de l'extraction passent par différents équipements de mesure (voir Tableau 3.11).

D'application générale, les systèmes automatisés d'acquisition et de traitement de données informent l'opérateur du résultat de ses actions et permet une intervention rapide en plus de le renseigner sur l'état et la performance de l'équipement. Le contrôle automatisé des composantes permet l'optimisation du dragage et la réalisation de bénéfices.

Ainsi, pour les opérations mécaniques de dragage on retrouve des équipements qui informent sur: le rendement, la position de la pelle, de la benne ou des godets par rapport au bateau et par rapport au fond, la tension dans les câbles ou dans la chaîne de traction et l'épaisseur excavée.

Pour les opérations de succion, il est utile de détenir des informations sur la pression de la pompe, la concentration eau-sédiments et la vitesse du mélange dans les conduites.

Pour les dragues autoporteuses, le volume et la masse des boues draguées, le tirant d'eau et la concentration en solides des surverses sont importants à connaître et à contrôler.

Il est important de souligner qu'un système de contrôle coûteux et sophistiqué n'éliminera pas nécessairement toute la remise en

TABEAU 3.11: INSTRUMENTS DE CONTROLE DES OPERATIONS D'EXTRACTION

Produits généraux

- Indicateur de rendement (tonne de solide/unité de temps, volume dragué/unité de temps)
- Indicateur du taux de solides en suspension dans la colonne d'eau ("densiometer")
- Echantillonneur de données (cueillette, traitement et mémorisation des informations, en continu ou séquentiel)
- Système d'automatisation du balayage (giration, pente et régularité du fond)
- Système de suivi des opérations (épaisseur et surface draguées et à draguer, position de l'élément excavateur, flot de boues aspirées et déversées)

Produits liés au dragage mécanique

- Système d'avertisseur de surcharge de la benne, de la pelle ou du godet
- Système d'automatisation de la benne, de la pelle ou du godet (tenant compte de la marée et des vagues)
- Indicateur de tension dans le câble ou de la traction dans la chaîne
- Indicateur de pénétration de la mâchoire, de la pelle ou du godet
- Indicateur de rythme des godets (total de godets chargés en fonction du temps)

TABEAU 3.11: INSTRUMENTS DE CONTROLE DES OPERATIONS D'EXTRACTION (suite)

Produits liés au dragage par suction

- Indicateur de production (m/sec, t/m³)
- Indicateur de densité des boues
- Indicateur de décantation dans les conduites (afin d'éviter le blocage et d'augmenter la production)
- Contrôleur de câbles (mesure la longueur déroulée, pour la position de la tête)
- Système d'automatisation de pompe (enregistre et contrôle la pression d'air et la pression de boues, ouvre les valves en cas de blocage)

Produits liés aux dragues désagréatrices

- Contrôleur automatique de roue/tête désagréatrice (enregistre et contrôle la vitesse de balayage et de rotation de la roue/tête, la pression et la vitesse des boues dans les conduites d'aspiration et d'expulsion, la concentration de solides dans les boues)

Produits liés aux dragues autoporteuses

- Indicateur de tirant d'eau du navire
- Indicateur de décantation pour surverse
- Indicateur du volume chargé
- Indicateur du taux et de la densité de la charge
- Contrôle automatique de déversement

suspension des sédiments mais il réduira à coup sûr son importance surtout si le travail est réalisé correctement.

3.5 Mesures techniques de protection de l'environnement

Cette section présente les autres mesures complémentaires de contrôle de la remise en suspension des sédiments durant l'excavation ou à proximité de l'endroit du déversement. Cette section traite aussi des traitements physiques ou chimiques qui ont pour but de stabiliser les polluants potentiellement solubles contenus dans les sédiments.

3.5.1 Batardeaux

Dans certains cas, pour draguer surtout dans des sédiments contaminés, il est souhaitable d'obtenir une isolation hydraulique complète de l'endroit de travail.

Pour cela, des batardeaux peuvent être construits autour des surfaces contaminées afin de les isoler de l'écoulement fluvial. Cette surface peut ensuite être draguée, la drague étant opérée dans un environnement confiné. Les sédiments remis en suspension restent à l'intérieur de cet espace. Le produit du dragage sera envoyé dans un environnement confiné ou au traitement.

Cette mesure n'est toutefois applicable que dans les cas où la profondeur ou le courant ne sont pas trop grands.

3.5.2 Ecrans protecteurs

• Ecrans extérieurs

Les écrans protecteurs sont utilisés pour contrôler la turbidité aux alentours des opérations de dragage et d'encapsulation. Les

écrans de protection sont des barrières de faible perméabilité composées de tissu de nylon ou de polyester et renforcées de chlorure de polyvinyl (P.V.C.) ou encore de Kevlar/polyester. La perméabilité des écrans en polyester varie entre $7,5 \times 10^{-3}$ et $1,4 \times 10^{-2}$ cm/s (Thomas et al 1985). Les barrières sont maintenues verticalement en place par une série de flotteurs et une chaîne de fond. Des câbles de tension sont disposés verticalement dans l'écran, au-dessus des segments de flottaison et à intervalles réguliers pour absorber les tensions créées par le courant et les autres forces hydrodynamiques (Figure 3.27).

Habituellement, les barrières sont fabriquées en section de 30 mètres longueur et une hauteur adaptée aux conditions du projet. Ces sections peuvent être juxtaposées pour arriver à atteindre la longueur désirée qui peut même atteindre 600 m selon Bonham (1989). Ces écrans de protection sont maintenus par un système d'ancrage.

Le Tableau 3.12 présente différentes dispositions possibles d'écrans et leurs utilisations recommandées.

La partie immergée de l'écran peut avoir 6 m de haut bien que la hauteur maximale pratique soit généralement de 3 m. Certains auteurs recommandent que la jupe ne soit pas descendue jusqu'au fond de l'eau (Bonham 1989). Mais dans ce cas les matériaux en suspension peuvent être entraînés sous la jupe. De bons résultats ont été obtenus avec la jupe allant jusqu'au fond.

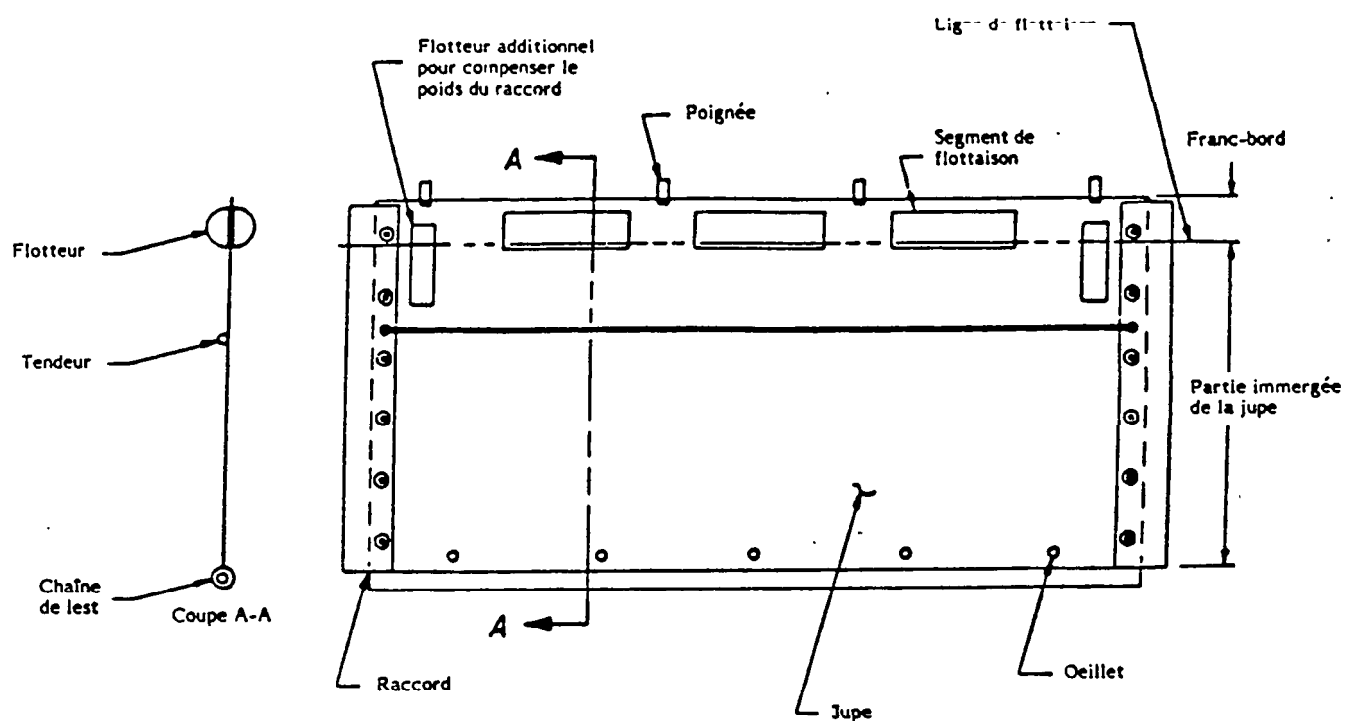
JBF Scientific Corporation (1978, cité par S.A.I.C. 1985) propose une évaluation détaillée des écrans protecteurs dont l'efficacité peut être reliée à plusieurs facteurs:

- les conditions hydrodynamiques du site (marées, vitesse du courant, hauteur des vagues, la profondeur de l'eau, etc.);

SECTION TYPE D'UN ÉCRAN DE PROTECTION

(Hand et al., 1978 et Bonham, 1989)

Figure 3.27



TABEAU 3.12: MODE DE DISPOSITION ET D'ANCRAGE DES ECRANS DE PROTECTION
(Source: adapté de Barnard, 1978)

3.114

MODE DE DISPOSITION	ILLUSTRATION	UTILISATION RECOMMANDEE	DESAVANTAGE
Disposition "dedale"		Zones de trafic maritime intense	Souvent inefficace à cause de l'écoulement de l'eau entre les deux écrans de protection: non recommandable.
Forme de U'		- Utilisée dans les sections de rivières non soumises à l'action des contre-courants entraînés par les marées montantes. - Très efficace lorsque l'écoulement est suffisamment grande pour prévenir l'écoulement latéral des eaux turbides.	
Demi-cercle fermé		- Utilisée aux endroits où la turbidité provient de l'effluent d'un bassin de sédiments ou en avant d'une drague hydraulique. - Rayon requis est fonction du type et du volume de l'effluent et de la profondeur de l'eau.	
Disposition circulaire ou elliptique		- Zones soumises aux marées - Zones de contre-courants	Système d'aménagement complexe et important

- la quantité et le type de matières en suspension en amont de l'écran;
- le type de sédiments et la nature des opérations;
- les caractéristiques, la construction et les conditions d'utilisation de l'écran;
- les méthodes d'ancrage.

Ces écrans sont un moyen idéal en eau calme et devraient être utilisés conjointement avec des dragues qui n'exigent pas des mouvements fréquents. Dans ces conditions, les niveaux de turbidité peuvent être réduits de 80 à 90 %.

L'efficacité des écrans protecteurs extérieurs est réduite dans les conditions suivantes:

- pour des profondeurs qui dépassent 6,5 mètres;
 - lorsque les courants excèdent 50 cm/s;
 - dans les endroits fréquemment exposés aux grands vents, à l'action des vagues et des marées;
 - autour des dragues hydrauliques lorsque leur opération nécessite de fréquents déplacements de l'écran.
- Ecrans situés autour de la tête d'aspiration

En général, la turbidité produite par la drague suceuse, surtout si elle est munie d'une tête désagrépatrice, se répand de part et d'autre. En plaçant un écran protecteur situé devant la tête d'aspiration, le nuage de dispersion de la turbidité vers l'avant

de la drague est arrêté, puis réfléchi vers la conduite de la pompe pour y être absorbé par le système de succion.

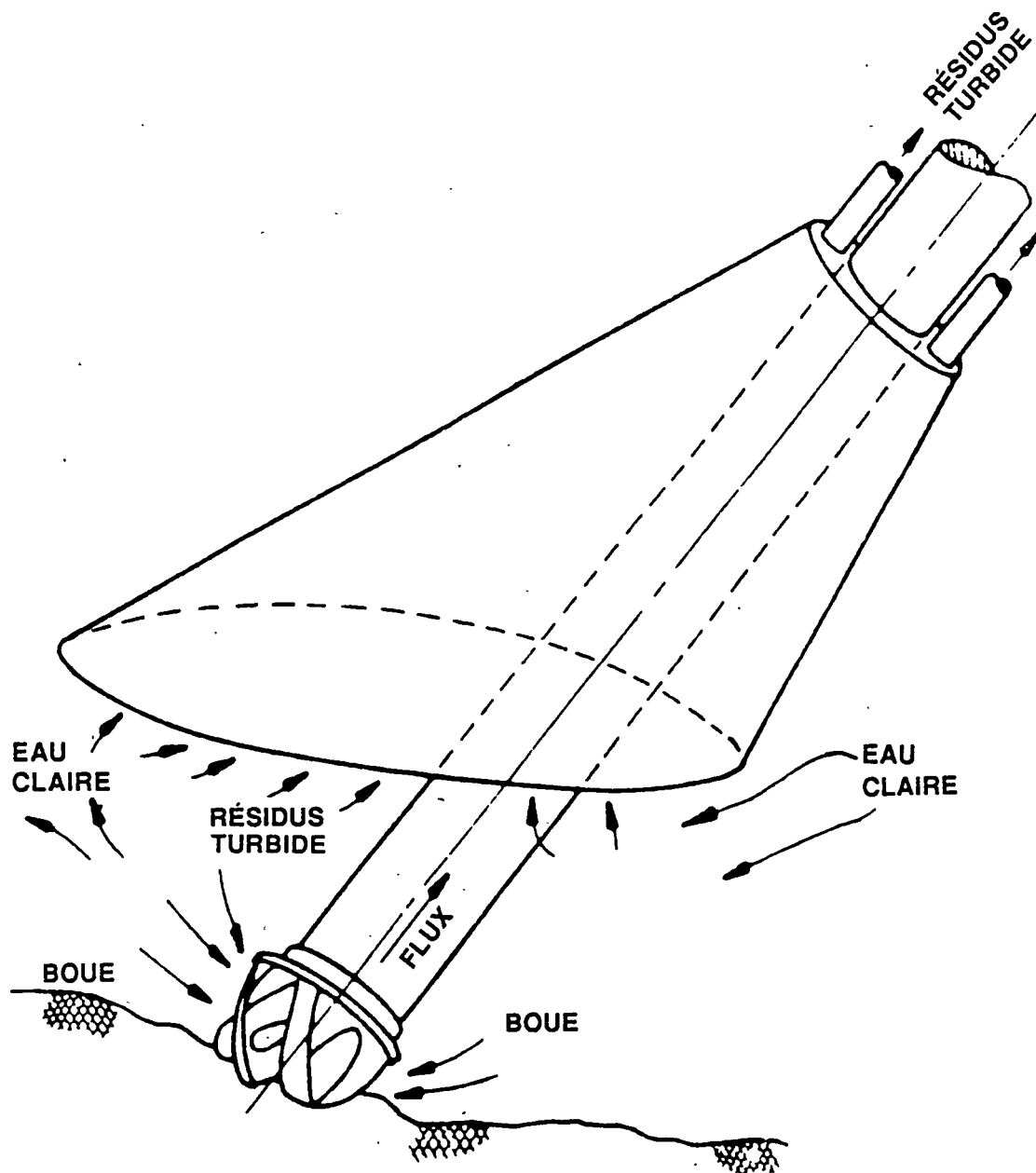
L'écran protecteur est constitué d'une feuille de métal placée en avant de la tête d'aspiration d'une drague suceuse à une distance de 6 à 8 fois le diamètre de la conduite (Figure 3.28). Cet écran "rapproché" peut prendre la forme d'un entonnoir rectangulaire. La longueur de l'écran protecteur est variable, formant un tiers de la périphérie totale de la tête de la drague (Herbich 1984).

L'écran rapproché a donné les meilleurs résultats de toutes les méthodes évaluées pour réduire l'étendue de la turbidité. Dans les zones relativement calmes (courant inférieur à 5 cm/s), le niveau de turbidité à l'extérieur de l'écran peut atteindre une réduction de l'ordre de 80 à 90 % par rapport à celui trouvé à l'intérieur de l'écran.

3.5.3 Chambre vacuum ou équibare

Il est possible d'utiliser une double paroi, ou une "coquille" autour de la benne d'une drague mécanique. Cette double paroi forme alors une chambre qui permet d'isoler la benne, tant au moment de la remontée qu'au moment de la descente, réduisant ainsi grandement les pertes de matières en suspension. Cette double paroi est équipée de joints d'étanchéité qui n'interfèrent pas avec la fermeture de la benne, ce qui constitue un problème avec les bennes étanches développées jusqu'à présent.

L'utilisation d'une telle chambre permet de plus de contrôler la pression hydrostatique à l'intérieur de la benne et de retenir davantage les sédiments fins qui auraient autrement tendance à



Source: Herbich et Brahme, 1983

s'échapper. Une pression négative (vacuum) ou égale à l'eau ambiante selon la profondeur (équibare) est maintenue à l'aide d'un boyau d'aspiration.

Ce système a été mis au point par la firme Sanexen et a été utilisé pour le dragage de sédiments contaminés à Chippawa, Ontario.

3.5.4 Diffuseur submergé

Le diffuseur est un déflecteur, radial ou autre, pouvant être utilisé en même temps qu'un écran protecteur. Le but principal du diffuseur est de réduire la vitesse et la turbulence associées au rejet de matériaux dragués par une drague hydraulique ou de matériaux stockés dans des barges.

Ainsi, au début des opérations de rejet les matériaux dragués circule dans une conduite verticale submergée; le diffuseur est soulevé et amené à environ 1 m du fond de l'eau à l'aide d'une grue montée sur la drague ou la barge (S.A.I.C. 1985).

La difficulté de contrôle du diffuseur limite son utilisation à certaines profondeurs, selon les conditions du milieu.

Une étude dirigée par Palermo, Montgomery et Raymond (1984) a comparé l'efficacité d'un diffuseur plat semblable à celui recommandé par Barnard (1978) par rapport au rejet direct dans l'eau du matériel dragué. Les résultats montrent qu'aucune différence de turbidité n'est notée sur le site même du rejet avec l'utilisation d'un diffuseur. Toutefois, une réduction de 50 % de la turbidité a été observée à une distance de 60 m alors qu'à 480 m le niveau de turbidité approchait celui du niveau ambiant.

3.5.5 Tube à trémie

Un tube à trémie (Figure 3.29) peut aussi être fixé à l'extrémité de la conduite d'évacuation des matériaux dragués par une drague hydraulique. La longueur du tube est ajustable en fonction du milieu récepteur.

Le rendement maximal (dans le cas de l'épandage de sable) est de 2 000 m³/h. La turbidité, toujours pour le sable, est pratiquement nulle avec une teneur en solide en suspension toujours inférieure à 5 ppm (Bonham 1989).

3.5.6 Digues submergées

Les digues submergées peuvent être utilisées pour contenir et limiter les matières déversées. Elles empêchent la dispersion de la matière déversée et permettent l'utilisation judicieuse des matériaux de recouvrement ou des techniques de traitement.

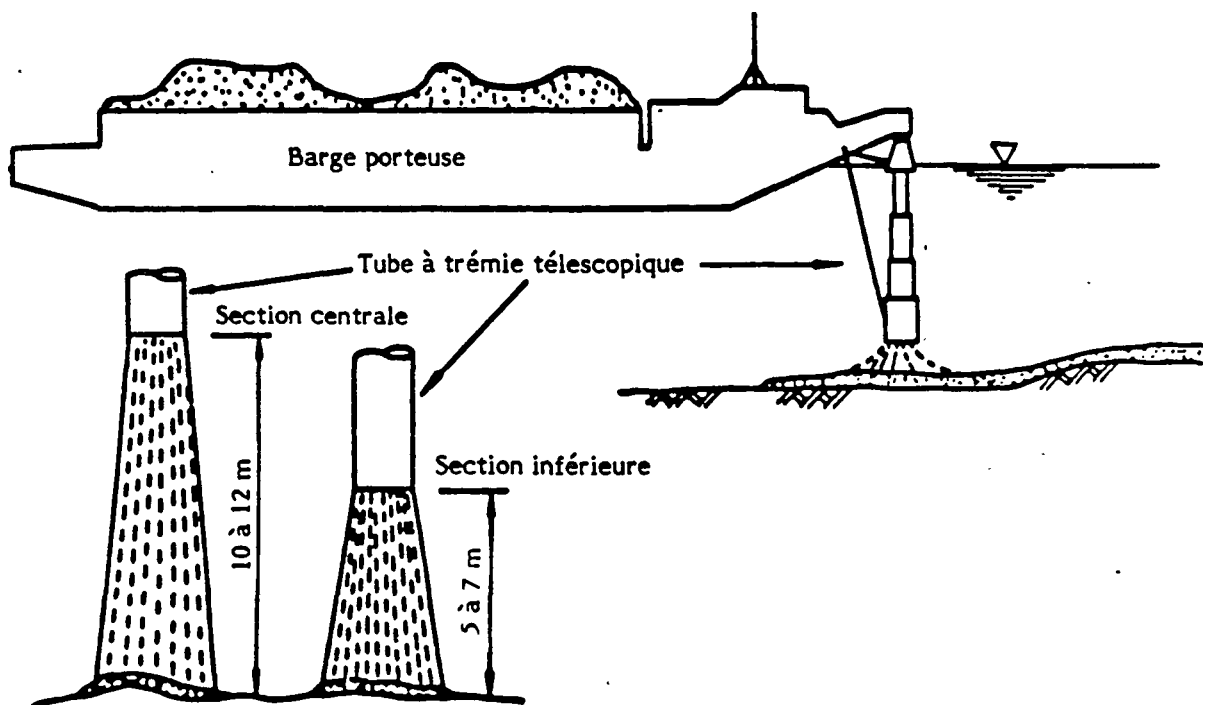
Les digues submergées sont généralement construites avec des matériaux granulaires à l'aide d'engins de dragage ou de terrassement. Le plus souvent, il s'agit de digues à talus construites soit dans l'eau, soit directement le long de la falaise de basses eaux et des îles. Des études sur les digues destinées à contrôler les coulées de boue indiquent que la hauteur de la digue doit être le double de celle de la coulée pour en arrêter la progression (Bonham 1989). Dans les quelques cas où on a eu recours à ce type de digue, la hauteur d'eau était en général inférieure à 10 m.

Les digues de retenue conviennent strictement pour les zones précôtières calmes, pour les tronçons de cours d'eau et pour les zones portuaires où l'eau est peu profonde, éventuellement bordées d'un côté ou plus de barrages naturels.

BARGE PORTEUSE ÉQUIPÉE D'UN TUBE À TRÉMIE TÉLESCOPIQUE

(Togashi, 1981, Bonham, 1989)

Figure 3.29



L'utilité des digues pour contenir des produits déversés est inversement proportionnelle à la quantité de produit déversé. Plus celle-ci est importante, plus il faut de temps pour rassembler les matériaux et engins nécessaires et construire une digue, et moins grande sera son utilité comme mesure d'urgence.

L'endiguement de déversements majeurs peut devenir un problème plus important que le déversement lui-même en raison de ses impacts sur l'environnement et sur la circulation fluviale ou maritime.

3.5.7 Autres traitements

Il n'existe pas de traitement complet de sédiments contaminés présentement sur les dragues, en contrepartie on utilise de plus en plus souvent, surtout en Belgique, aux Pays Bas et en République Fédérale Allemande, un traitement primaire pour séparer à l'aide des hydrocyclones les sédiments fins des sédiments granulaires.

D'autres dispositifs sont utilisés où l'on fait intervenir la force centrifuge pour réduire le volume à être traité à seulement celui qui est vraiment contaminé. Cette séparation est basée sur la propriété des particules fines à retenir la majorité des polluants et que les sables sont la plupart du temps relativement propres, donc peuvent être soit rejetés en eau libre, soit utilisés. Ce traitement primaire de séparation peut être réalisé sur une bonne partie des dragues et il peut s'avérer très efficace.

Wechsler et Cogley en 1977 (rapportés par Herbich et al. 1989) soutiennent que la floculation des sédiments argileux est favorisée lorsque la salinité de l'eau augmente.

4.0 SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS

4.0 SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS

La présente section vise à présenter une méthodologie et une grille de sélection des équipements de dragage adaptée à chaque projet. Les tableaux suivants (Tableau 4.1 à 4.6) résument d'abord l'information recueillie sur les performances techniques et environnementales des différents types de dragues, telles que classées selon trois groupes: dragues mécaniques, hydrauliques et pneumatiques (incluant de conception spéciale).

Rappelons que le choix d'un équipement pour un projet de dragage dépend de la nature du site et doit être précédé de l'étude de tous les impacts pris en considération d'une façon concomittante en analysant la compatibilité de toutes les phases des opérations de dragage (l'excavation, le transport et la mise en dépôt) comme un système intégré, et non pas comme un système fractionné. De plus, l'impact relatif de chaque opération doit être évalué d'une façon objective tenant compte des effets environnementaux et des conséquences relatives aux coûts et aux bénéfices.

4.1 Équipements retenus pour évaluation

Des 22 dragues dont les caractéristiques techniques et les performances environnementales furent présentées précédemment, seulement 13 équipements furent retenus pour fin d'évaluation.

La sélection des équipements de dragage est basée soit sur des critères de disponibilité, soit sur la performance technique et environnementale. Ces équipements sont:

- mécanique: dragues à benne preneuse, à pelle ou à cuiller et drague rétrocaveuse;

TABEAU 4.1: BILAN DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DRAGUES MÉCANIQUES, HYDRAULIQUES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE (1)

4.2

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
MÉCANIQUE	Conservation maximale de l'intégrité des matériaux excavés: haute teneur en solides. Minimise l'envergure des installations pour le transport, le traitement et le dépôt des matériaux excavés. Profondeur de dragage presque illimitée. Possibilité de manutention des charges unitaires séparées considérables. En mesure de travailler en toute sécurité près des quais et autres ouvrages fixes. Efficace pour l'enlèvement des sédiments contaminés déposés sur la rive ou dans la plaine inondable. Capacité d'opération dans les matériaux meubles et durs, en présence d'obstacles et de débris.	Taux de production relativement faible et décroît avec une augmentation de la profondeur. Taux de remise en suspension des sédiments relativement élevé dans la colonne d'eau. Faible efficacité dans les sédiments fluides. Application limitée aux plans d'eau avec faible vitesse de courant. Sa position en stationnement de travail peut constituer une gêne pour la navigation. Laisse un fond irrégulier.
HYDRAULIQUE	Taux de production élevé. Facilite le transport sur de longues distances. Taux de remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau plus faible que les dragues mécaniques, à l'endroit du dragage. Application non limitée par les vitesses de courant. Dans les sédiments contaminés, le transport par pipeline minimise les risques pour les travailleurs et la population.	Haute teneur en eau des matériaux excavés. Nécessite des grandes aires de dépôt et le traitement des eaux, dans les cas de sédiments contaminés. Laisse généralement un fond irrégulier dans les sols durs.
PNEUMATIQUE/ CONCEPTION SPÉCIALE	Relativement facile à démonter et à transporter par camion. Forte teneur en solides. Minimise la remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau. Utilisée depuis quelques années pour l'enlèvement des sédiments contaminés. Minimise l'envergure des installations de transport et de dépôt. Bon rendement dans les matériaux meubles.	Câbles et conduites peuvent entraver la navigation. Difficultés d'exploitation dues à des fréquents blocages de l'aspiration. Taux de production relativement faible. Dragues de conception relativement récente et peu répandues. Certains utilisateurs considèrent les équipements peu fiables. Pompes affectées lorsque les sédiments contiennent des gaz.

(1) Bilan établi à partir des références suivantes: AICPN (1977), Herbich et Brahme (1983), Raymond (1984), Hayes (1986, 1988), Palermo et Pankow (1988), Bonham (1989).

TABLEAU 4.2: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES MÉCANIQUES

4.3

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Benne-preneuse	Adéquat pour une grande variété de matériaux. Utilisée dans le monde entier. Facilité de manoeuvre et de contrôle dans les surfaces restreintes. Efficace dans les sables, graviers, sites difficilement accessibles, débris. Profondeur de dragage quasi illimitée. Les installations pour le transport, le dépôt et le traitement est minimisé par la concentration en solide des matériaux excavés.	Coûts d'énergie et d'entretien élevés. Nécessite des équipements auxiliaires (coûts d'énergie et de transport). Resuspension importante des sédiments. Toutes les étapes, de l'excavation au site de dépôt sont susceptibles d'entraîner une perte de sédiments. Encombrant pour la circulation maritime. Faible rendement, en particulier à de grandes profondeurs (surtout en présence de courant). Laisse un fond irrégulier, pouvant entraîner une forte remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau.
A pelle ou à cuillère	Extraction de roches brisées tendres et dépôts sédimentaires mous. Enlèvement d'anciennes constructions portuaires, de digues ou couches de pierre, etc. Traite le sol par couche, ce qui donne une excavation plus uniforme.	Rendement très faible. Profondeur de dragage limitée à 15-16 m. Système d'amarrage et de chargement: obstacle pour la navigation. Dragage difficile en mauvais temps. Perte importante de matériaux fins lors de la remontée entraînant une remise en suspension importante des sédiments.
Rétrocaveuse et rétrocaveuse amphibie	Capacité d'opérer dans une large gamme de sédiments: petits cailloux, gravier, sable grossier, sable cohésif et argile compactée. Pièces de rechange facilement disponibles. Contrôle et manoeuvre faciles dans les aires restreintes. Dans la drague amphibie possibilité d'utiliser le godet d'une rétrocaveuse ou d'une benne preneuse.	Profondeur de dragage limitée (18 m). Rendement faible. Drague non adéquate pour le sable fin. Obstacle dans les chenaux de navigation. Mouvements latéraux et verticaux peu propices à l'excavation de sédiments contaminés. Forte remise en suspension des sédiments.
Rétrocaveuse type Dragline	Aménagement des talus des rives et la construction de petits canaux de drainage. Adéquat pour une grande variété de matériaux. Dragage possible en eau peu profonde.	Perte importante de matériaux lors de l'excavation. Pas beaucoup utilisée, sauf en Amérique du Nord. Rendement faible. Nécessite des équipements auxiliaires pour le transport. Forte remise en suspension des sédiments. Seulement pour les cours d'eau et fleuves avec faible vitesse de courant.

TABEAU 4.2: BILAN DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES MÉCANIQUES (1)
(suite)

4.4

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
A godet	Capacité d'opérer dans une large gamme de sédiments: cailloux, gravier, sable fin cohésif, limon, argile, matériaux durs et rocheux. Rendement plus élevé que les autres dragues mécaniques. Très efficace pour charger les chalands dans les cas où les déblais doivent être transportés sur de longues distances. Adéquate pour les travaux neufs et travaux d'entretien. Traite le sol par couche horizontale, ce qui donne un fond plus uniforme.	Système d'amarrage et de chargement: obstacle pour la circulation maritime. Profondeur de dragage limitée à 20-22 m. Drague non adéquate pour les travaux en pleine mer. Dragues très bruyantes et énergivores. Forte remise en suspension des sédiments. Nécessite beaucoup d'équipements auxiliaires et système d'ancrage compliqué. Drague très sensible à la houle.

(1) Bilan établi à partir des références suivantes: AICPN (1977), Herbich et Brahme (1983), Raymond (1984), Hayes (1986, 1988), Palermo et Pankow (1988), Bonham (1989).

**TABEAU 4.3: BILAN DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS
DES TYPES DE DRAGUES HYDRAULIQUES**

4.5

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Suceuse simple	Drague propice aux sédiments contaminés, si opérée adéquatement. Possibilité d'une grande variété de dimensions et de puissances. Rendement supérieur à toute autre drague de puissance comparable dans les matériaux sans cohésion (graviers, sables peu compacts, petits cailloux et possiblement le limon.	Conduite d'aspiration sujette au colmatage et au bris mécanique par les débris. Inefficace dans les matériaux durs et cohésifs. Câbles et conduites de refoulement peuvent entraver la navigation. Opération difficile dans les eaux agitées.
A crépine (Dustpan)	Entretien des canaux de navigation dans les eaux intérieures. Rendement élevé. Contrôle précis du dragage en présence de sédiments compacts.	Profondeur de dragage limitée à 18 m. Dragues peu disponibles. Entraîne une remise en suspension considérable des sédiments dans la partie inférieure de la colonne d'eau.
Désagréateur	S'utilise aussi bien pour les dragages d'entretien que de construction. Rendement élevé. Capacité d'excaver des matériaux alluviaux aussi bien que des dépôts compacts ou de l'argile. Possibilité d'ajouter un écran protecteur pour minimiser la resuspension des sédiments. Bon contrôle sur la profondeur et le rendement. Possibilité d'une grande variété de dimensions et de puissance. Portative ou démontable.	Difficile d'opération en présence de vagues importantes. Obstacle pour la navigation. Nécessité des pompes de refoulement pour le transport sur de longues distances. Profondeur de dragage maximale 15 m., sauf exception. Resuspension de sédiments assez importante sans l'adoption d'un écran protecteur. Dans les sédiments mous, le système d'ancrage et les bateaux auxiliaires peuvent entraîner une remise en suspension importante des sédiments.
Suceuse porteuse	Dragage d'entretien. Automotrice. Efficace dans les matériaux meubles et non-cohésifs. Peut opérer en mer houleuse, dans des courants relativement forts, en pleine circulation maritime et sous mauvaises conditions atmosphériques (mais la précision diminue). Capacité d'emmagasinement de plusieurs centaines de m³ (max:9 000 m³).	Création d'un fond irrégulier nécessitant souvent un "sur-dragage". Mode de travail intermittent: la drague doit se déplacer pour déposer les sédiments recueillis. Resuspension de sédiments fins assez importante par la pratique de "surverse". Profondeur de dragage maximale de 20 m. Profondeur de dragage minimale de 3 à 8,5 m limitée par le tirant d'eau du navire.

TABEAU 4.3: BILAN DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS
(suite) DES TYPES DE DRAGUES HYDRAULIQUES (1)

4.6

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Suceuse porteuse à élinde trainante	Dragage d'entretien dans les ports et les chenaux d'accès. Automotrice. Faible nuisance pour la navigation. Adaptée à une gamme assez grande de matériaux. Peut opérer en mer houleuse, dans des courants relativement forts, en pleine circulation maritime et sous mauvaises conditions atmosphériques.	Mode de travail intermittent: la drague doit se déplacer pour déposer les sédiments recueillis. Tirant d'eau peut être un facteur limitant. Resuspension de sédiments assez importante. Positionnement précis de la tête très difficile.
A flèche pour déversement à distance	Drague automotrice gênant au minimum la navigation. Spécialement équipée pour les matériaux légers (limon, sable, etc.).	Seulement quelques unités dans le monde. Extraction de matériaux légers seulement. Distance maximale de refoulement 25 à 30 m. Matériaux doivent décharger dans la direction des courants existants.
A roues désagrégatrices	Possibilité de contrôler le rapport eau/sédiment. Possibilité d'ajuster un écran protecteur pour minimiser la resuspension des sédiments.	Équipement rare. Dépendant de la grosseur de la roue, le niveau de turbidité peut être élevé.

(1) Bilan établi à partir des références suivantes: AICPN (1977), Herbich et Brahme (1983), Raymond (1984), Hayes (1986, 1988), Palermo et Pankow (1988), Bonham (1989).

TABEAU 4.4: BILAN COMPARATIF DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE

4.7

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Pneuma "Pneuma"	Dragage de matériaux mobiles (sable, sable mélangé avec du gravier et limon mou). Taux de remise en suspension extrêmement faible. Densité élevée des matériaux dragués. Adaptation possible pour des matériaux compacts tels que l'argile dure, argile limoneuse sablonneuse, sable et limon cohésifs et matériaux cohérents en général. Pas de profondeur limite pour le dragage en théorie.	Non encore disponible au Canada. Rendement modeste. Système apparemment peu fiable. Nuisance pour la circulation maritime.
A vase "Oozer"	Spécialement conçue pour les sédiments contaminés. Rapport élevé solides/sédiments (80%). Dragage possible en grande profondeur. Rendement excellent (2 fois supérieur à pompe classique) dans une vase dense. Taux de remise en suspension très faible.	Nécessite un surdragage (20 %) supérieur à la profondeur définie). Non encore disponible au Canada. Rendement modéré. Nuisance pour la circulation maritime.
A aspiration "Airlift"	L'efficacité s'accroît avec la profondeur. Profondeur de dragage jusqu'à 80 m.	Aucune documentation scientifique de ce système.
Dispositif à main "Hand-held"	Peut être actionnée à partir de la surface de l'eau ou sous l'eau. Idéal pour le dragage de précision de masses intactes de polluants solides ou liquides. Très mobile. Taux de remise en suspension extrêmement faible.	Projets à petit volume seulement. Limité aux plans d'eau peu profonds (environ 30 m). Faible rendement. Danger d'exposition des plongeurs aux polluants.
Tarière hélicoïdale "Refresher"	Spécialement conçue pour les sédiments contaminés. Surveillance de la turbidité par une camera de télévision sous-marine. Bon rendement, bonne teneur en solides (30-40 %).	Non encore disponible au Canada.
A tarière horizontale "Mudcat"	Petite taille, transport facile par camion et avion. Création d'un fond régulier. Utiliser à plusieurs reprises par l'EPA pour l'enlèvement de sédiments pollués. Turbidité réduite au minimum en fonctionnant en marche arrière. Portative, donc permet de travailler dans des endroits peu accessibles.	Rendement modeste. Projets à petit volume seulement. Profondeur maximale 6,1 m. Sa sensibilité aux vents nécessite un réajustement continu de la position entraînant une réduction de la production.

TABEAU 4.4: BILAN DES PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TYPES DE DRAGUES PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE (1)

4.8

TYPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Sous marines "Underwater"	Permet le travail par mer agitée.	Non encore disponible au Canada. Mise au point de l'équipement non complétée. Rendement modeste.
"Matchbox"	Très efficace dans les sédiments contaminés. Capacité d'opérer dans les aires restreintes. Taux minimal de remise en suspension de sédiments. Teneur en solides très élevée.	Non encore disponible au Canada. Dans les sédiments mous, le système d'ancrage et les bateaux auxiliaires peuvent entraîner une remise en suspension importante des sédiments. Les débris et sédiments peuvent entraîner un blocage de la succion. Le nettoyage implique la montée hors de l'eau de la tête entraînant une forte remise en suspension et une exposition du personnel aux sédiments contaminés.
Drague sèche "Waterless"	Haute teneur en solides.	Profondeur limitée à 4,8 m. Non encore disponible au Canada.
Nettoyage "Clean-up"	Remise en suspension minime. Spécialement conçu pour les sédiments contaminés. Élément de capture des gaz nocifs. Contrôle de la densité des boues.	Non encore disponible au Canada.

(1) Bilan établi à partir des références suivantes: AICPN (1977), Herbich et Brahme (1983), Raymond (1984), Hayes (1986, 1988), Palermo et Pankow (1988), Borham (1989).

TABLEAU 4.5: CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE
(Tiné de Hand et al. 1978, cité par S.A.I.C. 1985)

APPLICATION	MÉCANIQUE			HYDRAULIQUE					PNEUMATIQUE			
	A BENNE PRENEUSE	TYPE DRAGLINE	RETROCAVEUSE ET A CUILLER	A SUCCION SIMPLE	SUCEUSE A DESAGREGATEUR	SUCEUSE DE TYPE DUSTPAN	SUCEUSE PORTEUSE & ÉLIN-DE TRAINANTE	PORTATIVE	AIR COMPRIMÉ	PNEUMA	A VASE (COOZER)	A TARRIERE HORIZ. ET HELICO.
Volume à draguer (m ³)	< 150 000	< 150 000	< 765	150 000 et plus	150 000 et plus	150 000 et +	150 000 et +	< 150 000	< 150 000	150 000 et plus	150 000 et plus	150 000 et plus
Type de cours d'eau	Tous types	Rivières, cours d'eau et lacs	Petites rivières et cours d'eau	canaux navigables et grands lacs	canaux navi. et grands lacs	canaux navi. et grands lacs	grands lacs et ports côtiers	lacs, riv. et canaux navigables	canaux navi. et grands lacs	canaux navi. et grands lacs	canaux navi. et grands lacs	canaux navi. et grands lacs
Équipement auxiliaire	camion, barge, grue	camion, barge, grue	camion, barge, chaland	barge, pipeline flottant, endiguement des sédiments	barge, pipeline flottant, endiguement des sédiments	barge, pipeline flottant endiguement des sédiments	aucun	pipeline, endiguement grue	barge, pipeline endiguement grue	barge, pipeline endiguement grue	barge, pipeline endiguement grue	canalisation sur flotteur
PROFONDEUR DE DRAGAGE Limites minimum (m) maximum (m)	aucune (1) aucune (2)	aucune (1) 15,3 (1)	aucune 18,3	1,5 à 1,8 18,3	10,7 3,7-15,3	1,5 18,3	3,7-9,1 10,1-19,8	3,4-8,0 4,6-17,7	6,1-9,1	(1) aucune	aucune (1) 18,2	horiz hélico 0,5 20 6,1 35
PRÉCISION (3) Horizontale (m)	0,30	0,15	0,30	0,60-0,90	0,60-0,90	0,60-0,90	3,0	0,30	0,30	0,60-0,90	0,60-0,90	0,15
Verticale (m)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15
Rendement (m ³ /h)	23-458	23-458	23-458	19-7640	19-1910	2674	382-1528	38 à 1413	élevé	46 à 298	344-500	46 à 115
Turbidité	élevée	élevée	élevée	faible	moyenne	moyenne	moyenne	faible	faible	faible	faible	disponible partout
Disponibilité de l'équipement	Disponible partout	Disponible partout	Disponible partout	Disponible sur les canaux de navigation commerciale	se trouve dans la plupart des ports et des canaux de navi. commerciale	la plupart appartient au U.S.C.E. plus canaux de navigation	la plupart appartient au USCE + ports le long des côtes et des grands lacs	des contracteurs et fournisseurs	Peut être fabriqué	limité aux distributeurs aux E.U.	pas disponible aux E.-U.	
Mobilité	c	c	a	d	d	d	e	a-b	c	c	c	a
Contenu solide de la boue	in-situ	in-situ	in-situ	10-15 %	10-20 %	10-20 %	10-20 %	10-40 %	10-20 %	près 80% in-situ	60-70 %	10 à 40%

(1), (2), (3), a, b, c, d, e : voir légende page suivante

NOTE: Les unités de mesure ont été adaptées au système métrique et les valeurs ont été arrondies.

LÉGENDE:

- (1) Déterminé par le tirant d'eau du navire, si le navire n'est pas assemblé pas de limite de profondeur.
 - (2) Limité par la disponibilité de l'équipement de soutien: câble, treuil. Limité par le courant.
 - (3) La précision du dragage est surtout déterminée par des considérations contractuelles (\$) et le type de sédiment.
-
- a. La drague peut être transportée sur la route "telle que" ou avec une modification légère.
 - b. La drague peut être transportée sur la route après avoir été démantelée en plus de 3 pièces.
 - c. La tête de la drague peut être transportée sur la route "telle que" ou avec une légère modification et assemblée sur un navire conventionnel ou une grue.
 - d. Le transport est restreint aux canaux de navigation (supérieur à 1,50 m de profondeur).
 - e. Le transport est restreint aux canaux de navigation profonds (supérieur à 3,70 m) à cause du tirant d'eau.

TABEAU 4.6: COMPARAISON DES APPLICATIONS POSSIBLES DE L'ÉQUIPEMENT DE DRAGAGE EN FONCTION DES CONDITIONS DES SITES DE DRAGAGE
(Tiré de Hand et al. 1978, cité par SAIC, 1985 et de Phillips et Malek 1984)

4.11

FACTEUR	MÉCANIQUE			HYDRAULIQUE					PNEUMATIQUE			
	A BENNE PRENEUSE	TYPE DRAGLINE	RETROCAVEUSE ET A CUILLER	A SUCCION SIMPLE	SUCEUSE A DESAGREGATEUR	SUCEUSE DE TYPE DUSTPAN	SUCEUSE PORTEUSE & ÉLIN-DE TRAINANTE	PORTATIVE	AIR COMPRIMÉ	PNEUMA	A VASE (COZER)	A TARRIERE HORIZ. ET HELICO.
Tirant d'eau du navire (m)	a	a	a	1,50-1,80	0,90-4,30	1,50-4,30	3,70-9,40	0,50	0,90-1,80	N/A	2,10	0,5
Nuisance pour la navigation	petite	petite	petite	significative ^b	moyenne ^b	significative ^b	petite	moyenne ^b	moyenne ^b	moyenne ^b	significative ^b	petite
Hauteur maximum des vagues (m)	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 0,90	< 2,10 ^c	< 0,30	< 0,90	< 0,90	< 0,90	0,3
Opération près des structures	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non	non	non	oui
Opération en eau libre	limitée	limitée	limitée	limitée	limitée	non	oui	non	non	limitée	oui	non
Permet la consolidation des sédiments	oui	oui	oui	non	oui	oui	non	non	non	non	oui	oui
Sensible à la présence de débris	non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Permet l'enlèvement de liquides ou solides	solides	solides	solides	les deux	les deux	les deux	les deux	les deux	les deux	les deux	les deux	les deux

a) Dépend du tirant d'eau de la structure de soutien. La plupart des barges ont des tirants d'eau de 1,50 m à 1,80 m.

b) Il est possible de réduire la nuisance à la navigation en plaçant le pipeline sous l'eau.

c) Les dragues suceuses porteuses peuvent travailler dans des vagues plus hautes mais la précision de dragage diminue.

- hydraulique: dragues suceuse simple, désagrépatrice, suceuse porteuse, suceuse porteuse à élinde traînante et à crépine de type Dustpan;
- pneumatique et conception spéciale: drague Pneuma, dragues à vase "Oozer", à tarière hélicoïdale "Système Refresher", à tarière horizontale "Mudcat", drague "Matchbox", à nettoyage "Clean-up" et dispositif manuel "Hand-Held".

Note: En raison du grand nombre de similitudes entre les dragues à pelle ou à cuiller et les dragues rétrocaveuses, les grilles d'évaluation présentées regroupent ces deux types de dragues sous la même rubrique. Il en est de même pour la drague suceuse porteuse et la suceuse porteuse à élinde traînante.

Certaines dragues n'ont pas été retenues pour fin d'évaluation, soit en raison de leur utilisation trop restreinte, soit de leur performances techniques ou environnementales déficientes, soit par un manque d'information à leur sujet:

- mécanique: dragues du type "dragline" et à godet;
- hydraulique: dragues à flèche et à roues désagrépatrices;
- pneumatique et conception spéciale: dragues à aspiration, sous-marine et drague sèche.

4.2 Évaluation des équipements

4.2.1 Choix des paramètres de la grille

L'évaluation des dragues passe par la sélection de paramètres communs de comparaison. Pour une drague donnée, chacun de ces

critères sera évalué et la sélection d'un équipement au plan technique, économique et environnemental sera établie.

La plupart des critères choisis étaient similaires à ceux retrouvés dans d'autres études de sélection d'équipement de la littérature, en particulier celles de Palermo et Pankaw (1988) et Bonham (1989).

Pour les besoins de la présente étude, des critères de mesure de la performance technique et environnementale des divers types de dragues ont été établis afin de tenir compte non seulement des contraintes au site d'extraction mais également des contraintes rencontrées lors du dépôt des résidus de dragage. Les possibilités plus ou moins grandes de contrôle de la remise en suspension offertes par les divers équipements sont aussi considérées.

Au plan technique, les paramètres à évaluer sont:

a) Compatibilité avec le volume de matériaux à draguer

Comme le rendement des dragues en terme de m^3 /heure varie grandement d'un type de drague à l'autre, il est indispensable d'évaluer la quantité de matériaux à excaver pour choisir le type de drague le mieux adapté. Normalement il convient de choisir une drague avec un rendement suffisant mais non trop supérieur ou inférieur aux besoins du projet.

b) Compatibilité avec la nature des matériaux à excaver

Tant au plan technique qu'au plan environnemental, il est important de s'assurer que la drague choisie est compatible avec la nature des matériaux à excaver. Généralement les dragues conçues spécifiquement pour des matériaux cohésifs

ou durs sont inaptes à draguer les sédiments mous ou fluides et vice-versa.

c) Restrictions dues à la profondeur de dragage

Dépendant de la profondeur d'eau au site de dragage, certaines dragues sont en mesure ou non d'excaver les matériaux en raison de leurs caractéristiques de conception en terme de profondeur minimale ou maximale pour lesquelles elles peuvent opérer adéquatement.

d) Entrave à la navigation

Les dragages d'entretien se faisant généralement dans les voies navigables et dans les ports, les nuisances possibles à la libre circulation du trafic maritime, commercial ou de plaisance peuvent influencer le choix d'une drague. Certains types de dragues sont plus encombrants que d'autres.

e) Restrictions dues à la hauteur des vagues

Dans certains sites, l'amplitude des vagues peut être un facteur limitant.

f) Facilité de mobilisation

Dans la facilité de mobilisation, plusieurs éléments entrent en considération, par exemple la facilité de transport par route, voie ferrée, avion sur de longues distances et la facilité de déplacement au site de dragage.

g) Teneur en solides

La teneur en solides désigne la quantité relative de solides décantables dans un mélange de sédiments et d'eau. Selon la nature des sédiments, un type de drague produira des boues plus denses qu'un autre, d'où réduction de la quantité de matériaux à manutentionner et la quantité d'eau à traiter.

h) Présence de débris

Ce critère considère si les débris et les structures artificielles peuvent entraver le fonctionnement des divers types de dragues. Chaque drague est cotée en fonction de son aptitude à travailler normalement autour ou au milieu d'obstacles ou de débris.

i) Restrictions dues au tirant d'eau du navire

Il arrive que les eaux dans lesquelles on doit faire des opérations de dragage soient trop peu profondes pour permettre l'utilisation d'une drague donnée.

j) Disponibilité

Dépendant de l'échéancier de réalisation d'un projet de dragage, la disponibilité de l'équipement peut être un facteur déterminant. Dans l'est du Canada la disponibilité des dragues mécaniques et hydrauliques ne présente pas un problème mais il en est autrement pour les dragues pneumatiques et de conception spéciale. Pour les contrats fédéraux, les exigences liées à la décision du Conseil du Trésor empêchant l'utilisation de tout équipement étranger sans pré-qualification constituent des contraintes importantes.

k) Manoeuvrabilité

Pour certains sites de dragage, par exemple dans les aires portuaires, la facilité de manoeuvre de l'équipement peut être un facteur de sélection très important. Or certaines dragues peuvent être plus facilement opérées à proximité des quais ou autres infrastructures fixes.

l) Restrictions dues aux courants

Comme mentionné par Bonham (1989), il existe peu d'information précise sur la sensibilité des dragues aux forts courants. Cette caractéristique implique que certaines dragues ne peuvent opérer dans les rivières ou dans certaines sections du fleuve présentant de fort courant.

m) Fiabilité

L'analyse de la performance technique des équipements de dragage réalisée dans la présente étude a montré que la fiabilité de certains équipements, en particulier les dragues pneumatiques, pouvait à l'occasion devenir problématique. Or pour certains travaux où l'échéancier est critique, ce facteur peut devenir très important dans le choix de la drague.

n) Coût/production

Le rapport coût sur le taux de production et la capacité de l'équipement à minimiser le surdragage est un facteur important de sélection de l'équipement.

Un taux de production acceptable minimisera la durée de la remise en suspension des sédiments et en conséquence la

durée d'exposition pour les organismes sensibles. De même, dans le cas de sédiments contaminés l'excavation doit être réalisée avec le minimum de surdragage dans les sédiments propres, puis que tout le matériel doit être disposé avec les mêmes précautions que les sédiments contaminés. Si l'équipement implique forcément un surdragage, en fonction de ces caractéristiques de conception, les coûts de disposition et de traitement seront nécessairement plus élevés.

o) Facilité de transport des matériaux de dragage

Pour certains projets, les dragues qui facilitent le transport des matériaux de dragage entre le site de dépôt et le site d'extraction seront nettement privilégiées aux plans technique et environnemental.

Au plan environnemental, il est important de s'assurer que les équipements minimisent la remise en suspension des sédiments et des contaminants dans la colonne d'eau tant à l'excavation qu'au site de dépôt.

D'autre part, le système de déplacement et d'ancrage des équipements connexes (barges, remorqueuses, etc...) sont susceptibles d'entraîner des augmentations aussi importantes de solides en suspension que les équipements mêmes, en particulier dans les sédiments fluides.

Donc, au plan environnemental, les critères d'évaluation retenus sont:

a) Taux de remise en suspension des sédiments à l'extraction

Dans les sédiments propres ou contaminés, le taux de remise en suspension générée par les équipements de dragage au site d'extraction peut devenir problématique pour les ressources

et usages du milieu situés en aval. Les sections précédentes ont démontré que certaines dragues peuvent entraîner une remise en suspension importante de sédiments dans la colonne d'eau.

b) Taux de remise en suspension relié aux plages de résidus

Certaines dragues, de part leurs caractéristiques de conception et en l'absence des appareils spécifiques de contrôle peuvent laisser au fond de l'eau des plages de résidus importantes qui sont susceptibles d'entraîner temporairement une remise en suspension presque aussi élevée que celle associée à l'excavation.

c) Taux de remise en suspension au site de dépôt

Dépendant du rapport eau/solide des sédiments excavés, la remise en suspension des sédiments au site de dépôt en eau libre ou à l'effluent de l'aire confinée sur terre peut être plus ou moins importantes dépendant du type de drague choisie.

d) Facilité de contrôle du taux de remise en suspension

Pour certaines dragues, le taux de remise en suspension au site d'extraction peut être plus facilement contrôlé en variant les paramètres d'opération à bord de la drague.

e) Taux de remise en suspension durant le transport

Les dragues qui minimisent les opérations de transfert des matériaux de dragage entre le site d'extraction et le site de dépôt réduisent les remises en suspension de sédiments dans la colonne d'eau à toutes les étapes du procédé.

f) Sécurité pour la santé des travailleurs

Dans les sédiments fortement contaminés, les dragues qui minimisent les opérations de transfert et l'exposition à l'air libre des sédiments sont plus sécuritaires tant pour les opérateurs que pour le public.

g) Précision de dragage

Tant aux plans économique qu'environnemental, tout équipement qui minimise le surdragage tout en enlevant la totalité des sédiments à draguer, sera favorisé.

h) Envergure des installations de traitement

L'envergure des installations de traitement au site de disposition des résidus de dragage est directement liée au rapport eau/solide au site d'extraction.

Pour les sédiments propres ou contaminés, le critère est très important tant au plan économique qu'au plan environnemental.

4.2.2 Grille d'évaluation et analyse des résultats

Alors que la pondération accordée à chaque critère dépend des conditions spécifiques retrouvées à chacun des sites, la performance de chacun des équipements en fonction de chaque critère dépend pour sa part des caractéristiques de conception et de construction de l'équipement et non des conditions particulières retrouvées au site de dragage.

Pour évaluer les caractéristiques de conception une première appréciation des performances relatives a été réalisée sur la

base des commentaires recueillis dans la littérature et chez les spécialistes du dragage. Ainsi le Tableau 4.7 donne une première ébauche d'évaluation. La meilleure cote (très favorable) est symbolisée par " + + " ; la pire cote se présente sous le signe " - - " (très défavorable). Entre les deux, on retrouve " + " (favorable) et " - " (défavorable).

A noter que la note " 0 ", correspondant à neutre ou moyennement favorable, n'a pas été accordée. En effet, dans les cas non déterminants, l'évaluation d'un critère pour une drague donnée a été établie relativement aux autres dragues.

Pour les caractéristiques techniques il ressort du Tableau 4.7:

- La plupart des dragues sont performantes dans les chantiers d'envergure moyenne;
- Globalement, les gros chantiers sont mal déservis par les dragues mécaniques et pneumatiques;
- Dans les conditions de matériaux meubles toutes les dragues performant;
- Toutes les dragues fonctionnant par succion s'accomodent bien des matériaux fluides;
- Les dragues désagréatrices ne présentent pas de problèmes dans les faibles profondeurs;
- Seule la drague suceuse porteuse à élinde traînante est sans encombre pour la navigation;

TABEAU 4.7: GRILLE D'APPRÉCIATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE

CRITÈRES		DRAGUES MÉCANIQUES		DRAGUES HYDRAULIQUES			DRAGUES PNEUMATIQUES OU DE CONCEPTION SPÉCIALE							
		BENNE- PRENEUSE	PELLE ET RETRO- CAVEUSE	SUCEUSE SIMPLE	DÉSAGRÉ- GATRICE	SUCEUSE PORTEUSE ET À ELINDE TRAINANTE	À CRÉPINE DUSPANT	PNEUMA	À VASE	TARIÈRE HÉLICO.	TARIÈRE HORIZ.	MATCH- BOX	NETTO- YAGE	DISPOSI- TIF À MAIN
a-COMPATIBILITÉ AVEC LE VOLUME DE MATÉRIAUX À DRAGUER petit (< 765 m³)		++	++	+	+	--	--	-	-	++	++	+	+	+
	moyen (765 à 150 000 m³)	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
	gros (> 150 000 m³)	--	--	++	++	++	++	--	--	--	--	++	+	--
b-COMPATIBILITÉ AVEC LA NATURE DES MATÉRIAUX EXCAVÉS	durs	-	++	--	++	--	--	--	--	-	-	++	--	--
	moyennes	+	++	+	++	+	+	+	+	++	++	++	+	+
	fluides	--	--	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
c- RESTRICTIONS DUES À LA PROFONDEUR		++	-	+	+	+	+	++	-	++	--	+	+	++
d-ENTRAVES À LA NAVIGATION		-	-	-	-	++	--	-	-	-	-	-	-	-
e-RESTRICTIONS DUES À LA HAUTEUR DES VAGUES		-	--	-	-	++	++	-	-	-	-	-	-	++
f-FACILITÉ DE MOBILISATION		++	++	-	-	++	++	+	+	++	++	-	++	++
g-TENEUR EN SOLIDES		++	++	-	-	-	-	++	++	+	+	-	++	-
h-PRÉSENCE DE DÉBRIS		+	++	--	-	--	--	--	--	-	-	-	--	+
i-RESTRICTION DUES AU TIRANT D'EAU		+	+	+	+	--	-	+	+	++	++	+	+	++
j-DISPONIBILITÉ		++	++	++	++	+	-	--	--	--	+	-	--	+
k-MANOUVRABILITÉ		++	++	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	++
l-RESTRICTION DUES AUX COUILLANTS		--	-	+	+	++	++	-	-	-	-	-	-	--
m-FIABILITÉ		++	++	++	++	++	++	--	--	+	+	+	--	+
n-COUT/PRODUCTION		-	-	++	++	+	+	-	-	-	-	+	-	--
o-FACILITÉ DE TRANSPORT DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE		--	--	++	++	+	+	++	++	++	++	++	++	++
a-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE D'EXTRACTION		--	--	+	+	-	--	+	++	++	+	+	++	-
b-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION RELIÉ AUX PLAGES DE RÉSIDUS		-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
c-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE DE DÉPOT		++	++	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
d-FACILITÉ DE CONTRÔLE DU TAUX DE REMISE EN SUSPENSION		-	--	++	++	+	+	++	+	++	+	+	++	+
e-REMISE EN SUSPENSION DURANT LE TRANSPORT		-	-	++	++	-	-	++	++	++	++	++	++	++
f-SÉCURITÉ POUR LA SANTÉ DES TRAVAILLEURS		-	-	++	++	-	-	+	+	++	++	+	++	--
g-PRÉCISION DU DRAGAGE		-	-	+	+	-	-	++	++	++	++	+	++	++
h-ENVERGURE DES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT		++	++	--	--	--	--	++	+	+	+	-	+	--

CRITÈRES TECHNIQUES

CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX

(- -) TRÈS DÉFAVORABLE (-) DÉFAVORABLE (+) FAVORABLE (+ +) TRÈS FAVORABLE

- La plupart des dragues sont sensibles aux vagues, sauf la suceuse porteuse à élinde traînante, la drague à crépine et le dispositif à main;
- Les dragues sont presque toutes faciles à mobiliser, sauf la suceuse simple, la désagrépatrice et la "Matchbox";
- La concentration en solides des boues est inférieure pour les dragues hydrauliques;
- En présence de débris, les dragues mécaniques et le dispositif à main sont plus souples;
- Seules les dragues autoporteuses peuvent soulever un problème de tirant d'eau;
- La disponibilité des équipements est moins grande pour les dragues pneumatiques et de conception spéciale;
- Les dragues mécaniques et le dispositif à main se manoeuvrent mieux dans les endroits restreints que les autres dragues;
- Les dragues faisant appel à des élingues (câbles) sont plus sensibles au courant à cause de la perte de précision;
- Les systèmes "Pneuma", "Oozer" et "nettoyage" ne font pas l'unanimité quant à leur fiabilité;
- Les dragues hydrauliques ont le meilleur rapport coût/production;
- Le transport des sédiments par pipeline est le plus aisé; c'est pourquoi les dragues mécaniques obtiennent une cote

défavorable pour la facilité de transport des matériaux dragués;

Les performances environnementales sont jugées ainsi au Tableau 4.7:

- Les pires taux de remise en suspension au site d'extraction sont obtenus par les dragues mécaniques;
- Les dragues pneumatiques semblent laisser davantage de plages de résidus, rendant propice la remise en suspension des sédiments;
- Au site de dépôt, les dragues hydrauliques sont les moins performantes en terme de remise en suspension;
- Le contrôle de la remise en suspension par des modifications techniques est moins facile avec les dragues mécaniques;
- Durant le transport, les dragues pneumatiques et de conception spéciale excellent à minimiser la remise en suspension; il en découle une diminution des risques d'exposition des travailleurs (sauf pour le dispositif à main);
- La précision du dragage est excellente pour les dragues pneumatiques et de conception spéciale; à l'opposé, on retrouve les dragues mécaniques;
- Les installations de traitement sont minimisées pour les sédiments à forte teneur en solides (dragues mécaniques).

Globalement, du point de vue technique, les dragues mécaniques sont plus favorables, suivies des dragues hydrauliques et des

dragues pneumatiques et de conception spéciale. Par contre, les dragues mécaniques sont moins favorables environnementalement que les dragues pneumatiques et de conception spéciale. Entre ces deux extrêmes, on retrouve les dragues hydrauliques.

Une analyse plus spécifique des performances de chaque type de drague peut être établie à partir du Tableau 4.8 où une évaluation quantitative des équipements est élaborée.

A noter que les cotes de performance accordées à chacun des équipements constituent un approfondissement du Tableau 4.7 et sont basées sur les caractéristiques générales de chacun des équipements publiées dans la littérature scientifique et l'expérience des spécialistes de dragage consultés. Rappelons toutefois que les cotes dépendent, par exemple, de la capacité de la drague considérée, des améliorations techniques apportées ou encore des mesures particulières de protection de l'environnement envisagées; il est donc possible que la cote de performance présentée au Tableau 4.8 nécessite une revision.

Dans le Tableau 4.8, plus le chiffre est élevé (9), meilleure est la performance de l'équipement pour le critère considéré. Le total des points a été calculé à titre indicatif pour chaque drague et doit être considéré avec réserve puisque toutes les caractéristiques évaluées ont la même pondération. En effet, l'importance de chaque critère peut varier considérablement d'un projet à l'autre et changer le classement des performances.

Les performances techniques et environnementales sont évaluées séparément, puis globalement sur la base d'un exemple fictif (volume moyen à draguer et sédiments fluides). Avec réserve on peut conclure qu'au plan technique, la drague à benne preneuse, la drague à pelle, la rétrocaveuse, la drague suceuse simple,

TABLEAU 4.8: GRILLE D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES.
PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE

CRITÈRES		DRAGUES		DRAGUES MÉCANIQUES			DRAGUES HYDRAULIQUES			DRAGUES PNEUMATIQUES OU DE CONCEPTION SPÉCIALE				
		BENNE- PRENEUSE	PELLE ET RETRO- CAVEUSE	SUCEUSE SIMPLE	DÉSAGRÉ- GATRICE	SUCEUSE PORTEUSE ET À ELINDE TRAINANTE	À CREPINE DUSPANT	PNEUMA	À VASE	TARIERE HEUCO.	TARIERE HORIZ.	MATCH- BOX	NETTO- YAGE	DISPOSI- TIF À MAIN
a-COMPATIBILITÉ AVEC LE VOLUME DE MATÉRIAUX À DRAGUER	petit (< 755 m³)	9	9	6	6	1	1	4	4	8	8	6	7	7
	moyen (755 à 150 000 m³)	6	6	7	7	4	4	6	6	6	6	7	6	4
	gros (> 150 000 m³)	2	2	9	9	8	7	2	2	2	2	8	6	1
b-COMPATIBILITÉ AVEC LA NATURE DES MATÉRIAUX EXCAVÉS	durs	4	8	1	8	1	2	2	2	4	4	8	2	1
	moyens	6	6	6	8	6	6	6	6	8	8	8	6	6
	fluides	1	2	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	9
c- RESTRICTIONS DUES À LA PROFONDEUR		8	4	7	7	7	7	8	4	8	2	7	7	8
d-ENTRAVES À LA NAVIGATION		4	4	3	3	8	2	4	4	4	4	3	4	4
e-RESTRICTIONS DUES À LA HAUTEUR DES VAGUES		3	2	4	4	9	8	3	3	4	4	4	3	7
f-FACILITÉ DE MOBILISATION		8	8	4	4	8	8	7	7	8	8	4	8	8
g-TENEUR EN SOLIDES		9	9	3	3	3	3	8	8	6	6	4	8	3
h-PRÉSENCE DE DÉBRIS		6	8	1	4	1	1	1	1	3	3	4	1	7
i-RESTRICTION DUES AU TIRANT D'EAU		6	6	6	7	2	4	6	6	8	8	7	6	9
j-DISPONIBILITÉ		9	9	8	8	6	3	1	1	1	6	3	1	7
k-MANŒUVRABILITÉ		9	9	6	6	4	4	6	6	6	6	6	6	9
l-RESTRICTION DUES AUX COURANTS		2	3	6	6	9	9	4	4	4	4	4	4	1
m-FIABILITÉ		9	9	9	9	9	9	2	2	6	6	6	3	6
n-COUT/PRODUCTION		4	4	9	9	6	6	4	4	3	3	6	3	1
o-FACILITÉ DE TRANSPORT DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE		1	1	9	9	6	6	9	9	9	9	9	9	9
a-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE D'EXTRACTION		2	2	6	6	4	2	7	8	8	6	7	9	3
b-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION RELIÉ AUX PLAGES DE RÉSIDUS		3	3	6	6	3	3	7	7	7	7	7	7	7
c-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE DE DÉPOT		9	9	4	4	4	4	8	7	6	6	5	8	4
d-FACILITÉ DE CONTRÔLE DU TAUX DE REMISE EN SUSPENSION		3	1	8	8	6	6	9	9	8	8	8	9	6
e-REMISE EN SUSPENSION DURANT LE TRANSPORT		4	4	8	8	3	3	8	8	8	8	8	8	8
f- SÉCURITÉ POUR LA SANTÉ DES TRAVAILLEURS		3	3	9	9	4	4	6	6	9	9	7	9	1
g-PRECISION DU DRAGAGE		3	3	6	6	4	4	8	8	9	9	6	8	9
h-ENVERGURE DES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT		9	9	2	2	2	2	8	7	6	6	3	7	2
TOTAL TECHNIQUE ***		85	84	91	95	91	83	78	74	84	83	82	77	92
TOTAL ENVIRON.		36	34	49	49	30	28	61	60	61	59	51	65	40
TOTAL GLOBAL		121	118	140	144	121	111	139	134	145	142	133	142	132

*** en considérant un volume à draguer moyen et des sédiments fluides

PONDÉRATION : 1

COTES : 9 TRÈS PERFORMANT ... 7 PERFORMANT ... 5 MOYENNEMENT PERFORMANT ... 3 FAIBLEMENT PERFORMANT ...
 1 TRÈS FAIBLEMENT PERFORMANT

Page inexistante dans le document numérisé

contrôlée en opérant avec la bonne méthode de dragage (McLellan et al. 1989).

Au plan global, soit technique et environnemental, les dragues à benne preneuse, à pelle, rétrocaveuse, suceuse porteuse et à crépine seraient à déconseiller. Les dragues pneumatiques et de conception spéciale de même que la drague suceuse simple et désagrépatrice seraient les plus avantageuses.

4.2.3 Application de la grille au projet du canal Lachine

Pour vérifier l'utilité de la grille d'évaluation du Tableau 4.8 le projet d'enlèvement des sédiments contaminés du canal de Lachine a été sommairement analysé afin de déterminer la drague la plus appropriée. Le Tableau 4.9 reprend les cotes du Tableau 4.8 mais les pondère selon les caractéristiques et les priorités du projet considéré:

- la quantité totale de sédiments à draguer s'élève à quelque 500 000 m³;
- les sédiments sont de nature fluide;
- les critères environnementaux sont davantage mis de l'avant par la forte contamination des sédiments;
- la variante actuelle prévoit l'excavation de ces sédiments et l'encapsulation en rive, au fur et à mesure, dans trois sections du canal; seul le transport par pipeline apparaît pour le moment réaliste;
- le trafic maritime est inexistant sur cette partie du cours d'eau;

TABLEAU 4.9: GRILLE D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES DRAGUES CONVENTIONNELLES, PNEUMATIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE, POUR LE PROJET DU CANAL LACHINE

CRITÈRES	PONDÉRATION	DRAGUES MÉCANIQUES		DRAGUES HYDRAULIQUES				DRAGUES PNEUMATIQUES OU DE CONCEPTION SPÉCIALE						
		BENNE- PRENEUSE	PELLE ET RETRO- CAVEUSE	SUCEUSE SIMPLE	DÉSAGRE- GATRICE	SUCEUSE PORTEUSE ET À ELINDE TRAINANTE	À CREPINE DUSPANT	PNEUMA	À VASE	TARIÈRE HEUCO.	TARIÈRE HORIZ.	MATCH- BOX	NETTO- YAGE	DISPO- SITIF À MAIN
a-COMPATIBILITÉ AVEC LE VOLUME DE MATÉRIAUX À DRAGUER petit (< 755 m³)	0	9	9	6	6	1	1	4	4	8	8	6	7	7
moyen (755 à 150 000 m³)	1	6	6	7	7	4	4	6	6	6	6	7	6	4
grand (> 150 000 m³)	0	2	2	9	9	8	7	2	2	2	2	8	6	1
b-COMPATIBILITÉ AVEC LA NATURE DES MATÉRIAUX EXCAVÉS durs	0	4	8	1	8	1	2	2	2	4	4	8	2	1
mous	0	6	6	6	8	6	6	6	6	8	8	8	6	6
fluides	3	1	2	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	9
c- RESTRICTIONS DUES À LA PROFONDEUR	0	8	4	7	7	7	7	8	4	8	2	7	7	8
d-ENTRAVES À LA NAVIGATION	0	4	4	3	3	8	2	4	4	4	4	3	4	4
e-RESTRICTIONS DUES À LA HAUTEUR DES VAGUES	1	3	2	4	4	9	8	3	3	4	4	4	3	7
f-FACILITÉ DE MOBILISATION	1	8	8	4	4	8	8	7	7	8	8	4	8	8
g-TENEUR EN SOLIDES	2	9	9	3	3	3	3	8	8	6	6	4	8	3
h-PRÉSENCE DE DÉBRIS	4	6	8	1	4	1	1	1	1	3	3	4	1	7
i-RESTRICTION DUES AU TIRANT D'EAU	1	6	6	6	7	2	4	6	6	8	8	7	6	9
j-DISPONIBILITÉ	3	9	9	8	8	6	3	1	1	1	6	3	1	7
k-MANOEUVRABILITÉ	3	9	9	6	6	4	4	6	6	6	6	6	6	9
l-RESTRICTION DUES AUX COURANTS	0	2	3	6	6	9	9	4	4	4	4	4	4	1
m-FIABILITÉ	4	9	9	9	9	9	9	2	2	6	6	6	3	6
n-COUT/PRODUCTION	3	4	4	9	9	6	6	4	4	3	3	6	3	1
o-FACILITÉ DE TRANSPORT DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE	4	1	1	9	9	6	6	9	9	9	9	9	9	9
a-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE D'EXTRACTION	4	2	2	6	6	4	2	7	8	8	6	7	9	3
b-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION RELIÉ AUX PLAGES DE RÉSIDUS	2	3	3	6	6	3	3	7	7	7	7	7	7	7
c-TAUX DE REMISE EN SUSPENSION AU SITE DE DÉPOT	4	9	9	4	4	4	4	8	7	6	6	5	8	4
d-FACILITÉ DE CONTRÔLE DU TAUX DE REMISE EN SUSPENSION	2	3	1	8	8	6	6	9	9	8	8	8	9	6
e-REMISE EN SUSPENSION DURANT LE TRANSPORT	4	4	4	8	8	3	3	8	8	8	8	8	8	8
f- SÉCURITÉ POUR LA SANTÉ DES TRAVAILLEURS	4	3	3	9	9	4	4	6	6	9	9	7	9	1
g-PRÉCISION DU DRAGAGE	2	3	3	6	6	4	4	8	8	9	9	6	8	9
h-ENVERGURE DES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT	4	9	9	2	2	2	2	8	7	6	6	3	7	2
TOTAL TECHNIQUE PONDÉRÉ (1)	30	174	184	199	212	168	160	146	146	164	179	175	145	200
TOTAL ENVIRONNEMENTAL PONDÉRÉ	26	126	122	156	156	94	86	196	192	196	188	162	212	116
INDICE PERFORMANCE (2) TECHNIQUE		5,8	6,1	6,6	7,1	5,6	5,3	4,9	4,9	5,5	6,0	5,8	4,8	6,7
INDICE PERFORMANCE (2) ENVIRONNEMENTALE		4,8	4,7	6,0	6,0	3,6	3,3	7,5	7,4	7,5	7,2	6,2	8,2	4,5
INDICE GLOBAL (3)		5,3	5,4	6,3	6,5	4,6	4,3	6,2	6,1	6,5	6,6	6,0	6,5	5,6
INDICE GLOBAL SCÉNARIO ENVIRONNEMENT (4)		5,2	5,2	6,2	6,4	4,3	4,0	6,6	6,5	6,8	6,8	6,1	7,0	5,2

(1) en considérant un volume à draguer moyen et des sédiments fluides.
(2) somme des $P_i \times C_i$ / somme des P_i où P_i est la pondération pour un critère donnée et C_i est la cote pour un critère donné et une drague donnée.
(3) Indices de performance (technique + environ.) / 2
(4) Indices de performance (technique + 2 x environ.) / 3

COTE: 9 TRÈS PERFORMANT ... 7 PERFORMANT ... 5 MOYENNEMENT PERFORMANT ... 3 PEU PERFORMANT ... 1 TRÈS PEU PERFORMANT
PONDÉRATION: 4 TRÈS IMPORTANT 3 IMPORTANT 2 MOYENNEMENT IMPORTANT 1 FAIBLEMENT IMPORTANT 0 NON DÉTERMINANT

- les courants et les vagues sont pratiquement inexistants.
- la profondeur de l'eau dépasse 3 mètres partout;
- la présence de débris est à prévoir;
- les processus de mise en marche d'un tel projet laisse une marge de manoeuvre confortable pour mobilisation des équipements requis;
- le canal Lachine est situé en milieu urbain; la présence de nombreux ponts et rues enjambant le canal, la facilité de transport des matériaux excavés est importante.

On accorde donc une pondération très importante (4) aux caractéristiques suivantes:

- Présence de débris;
- Fiabilité;
- Facilité de transport des matériaux de dragage;
- Taux de remise en suspension au site d'extraction;
- Taux de remise en suspension au site de dépôt;
- Taux de remise en suspension durant le transport;
- Sécurité pour la santé des travailleurs;
- Envergure des installations de traitement.

Les critères ayant reçus la mention "important" (pondération de 3) sont les suivants:

- Compatibilité avec la nature des matériaux excavés;
- Disponibilité;
- Manoeuvrabilité;
- Coût/production.

La pondération "2" (moyennement important) a été accordée à:

- Teneur en solides dans les boues;
- Taux de remise en suspension relié aux plages de résidus;
- Facilité de contrôle du taux de remise en suspension;
- Précision du dragage.

La pondération "1" correspondant à "faiblement important" se rapporte aux caractéristiques qui suivent:

- Compatibilité avec le volume de matériaux à draguer;
- Restriction dues à la hauteur des vagues;
- Facilité de mobilisation;
- Restriction dues aux tirant d'eau.

La pondération "0" s'applique aux critères non déterminants pour le projet considéré. On évite ainsi que la somme de ces critères, même de faible importance, puisse influencer le choix de la drague. Ces critères sont:

- Compatibilité avec un petit ou un gros volume de matériaux à draguer;
- Compatibilité avec des matériaux à excaver durs ou meubles;
- Restrictions dues à la profondeur;
- Entraves à la navigation;
- Restrictions dues aux courants.

Le total des cotes pondérées⁽¹⁾ est réalisé pour les performances technique et environnementale. Un indice de performance est calculé pour chacune en divisant les totaux par la somme des pondérations (30 pour technique, 26 pour environnemental). On obtient ainsi les indices de performances technique et

(1) pondération du critère x cote de la drague pour ce critère.

environnementale normalisées sur 9. Les notes normalisés sont utilisées pour calculer un indice global à l'aide de l'équation présentée au bas du Tableau 4.9. Il s'agit d'une moyenne des performances technique + environnementale. Un autre indice global est présenté au Tableau 4.9 qui accorde un poids deux fois plus important aux critères environnementaux par rapport aux critères techniques.

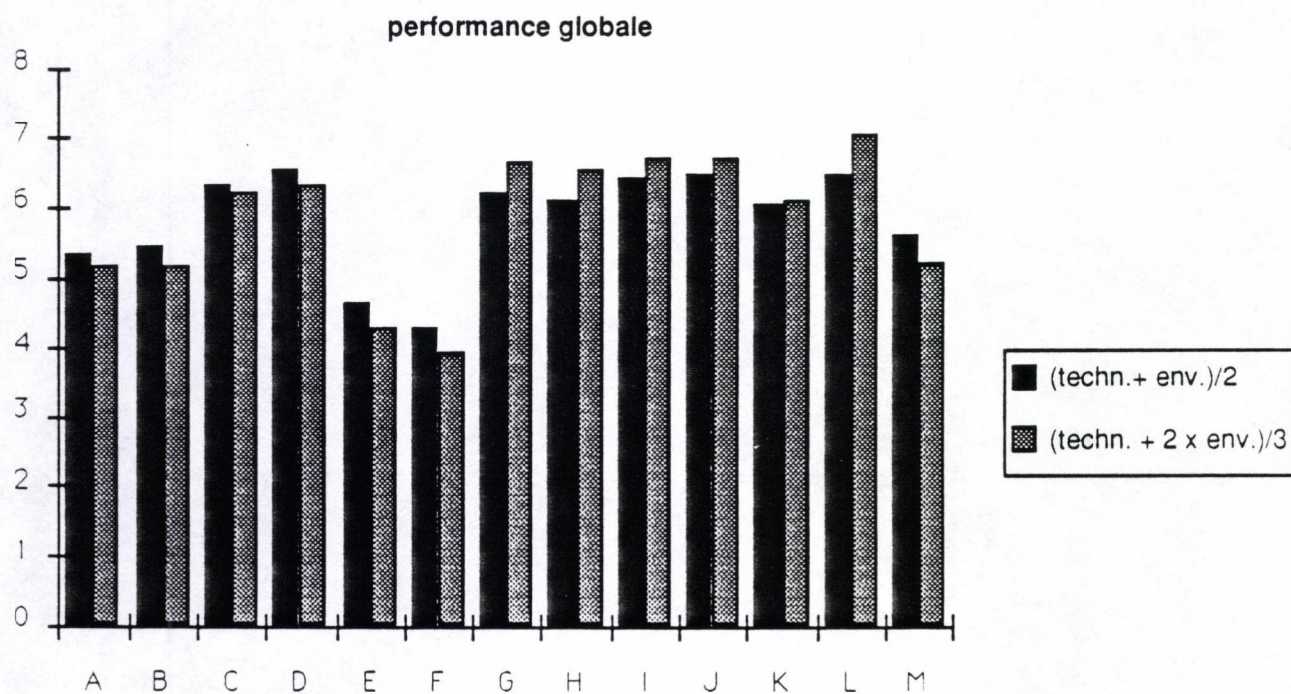
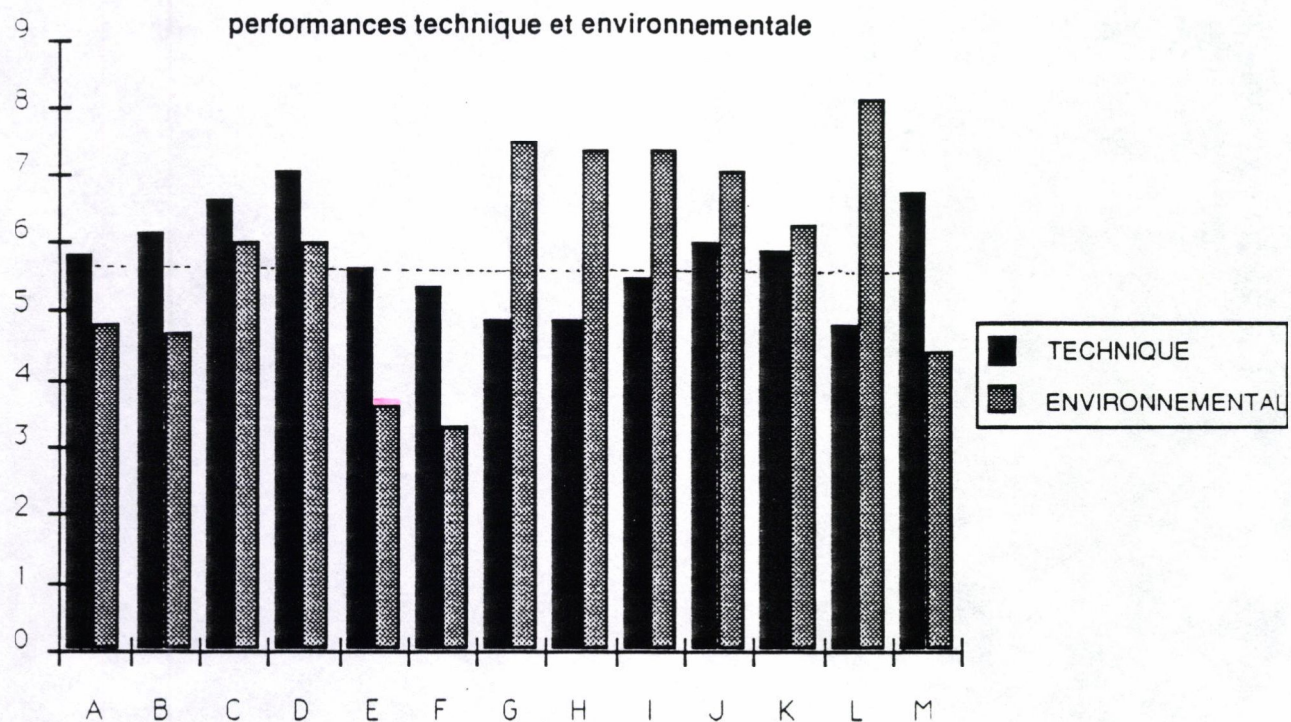
Basée sur la pondération indiquée au Tableau 4.9, la Figure 4.1 illustre les performances technique, environnementale et globale des divers types de dragues. La performance globale en doublant la pondération des critères environnementaux est également montrée. Les résultats indiquent que les dragues les plus appropriées seraient, dans l'ordre: les dragues à tarière horizontale et hélicoïdale, à nettoyage, désagrégratrice, suceuse simple, Pneuma, à vase et la "Matchbox".

Les dragues mécaniques et les dragues hydrauliques suceuses porteuses et à crépine seraient les moins favorisées.

L'analyse de la figure fait aussi ressortir que pour le projet de restauration du canal de Lachine les dragues les plus performantes au plan technique tout en minimisant les impacts sur l'environnement seraient les dragues suceuse simple, désagrégratrice, pneumatiques et de conception spéciale.

Si on compare les résultats avec les indices de performance du scénario environnemental on remarque que les tendances se maintiennent: les dragues mécaniques sont encore moins adéquates et les pneumatiques voient leur performance augmenter pour le projet du canal Lachine.

Figure 4.1: COMPARAISON DE LA PERFORMANCE DES DRAGUES MÉCANIQUES, HYDRAULIQUES ET DE CONCEPTION SPÉCIALE POUR LE PROJET DU CANAL LACHINE



A benne preneuse
 B pelle et rétrocaveuse
 C suceuse simple
 D désagrégatrice
 E suceuse porteuse et
 élinde traînante

F à crépine
 G pneuma
 H à vase
 I tarière hélicoidale
 J tarière horizontale

K Matchbox
 L nettoyage
 M dispositif à main

4.3 Méthodologie de sélection pour projets futurs

Des considérations globales doivent orienter le choix d'un système et d'une stratégie de dragage, incluant l'excavation, la dispersion, le transport, le dépôt et le traitement. La méthodologie d'évaluation présentée dans la présente section vise à permettre au gestionnaire d'établir les priorités dans le cadre d'un projet de dragage et lui permettre d'identifier et de tenir en ligne de compte tous les éléments sensibles ayant une influence significative sur le projet. La grille d'évaluation présentée à la section 4.3.2 constitue un outil pouvant assister le gestionnaire de projet dans le choix d'un type d'équipement plutôt qu'un autre suite à l'estimation des priorités. Les étapes nécessaires à la sélection d'un équipement, quant à elles, sont les suivantes:

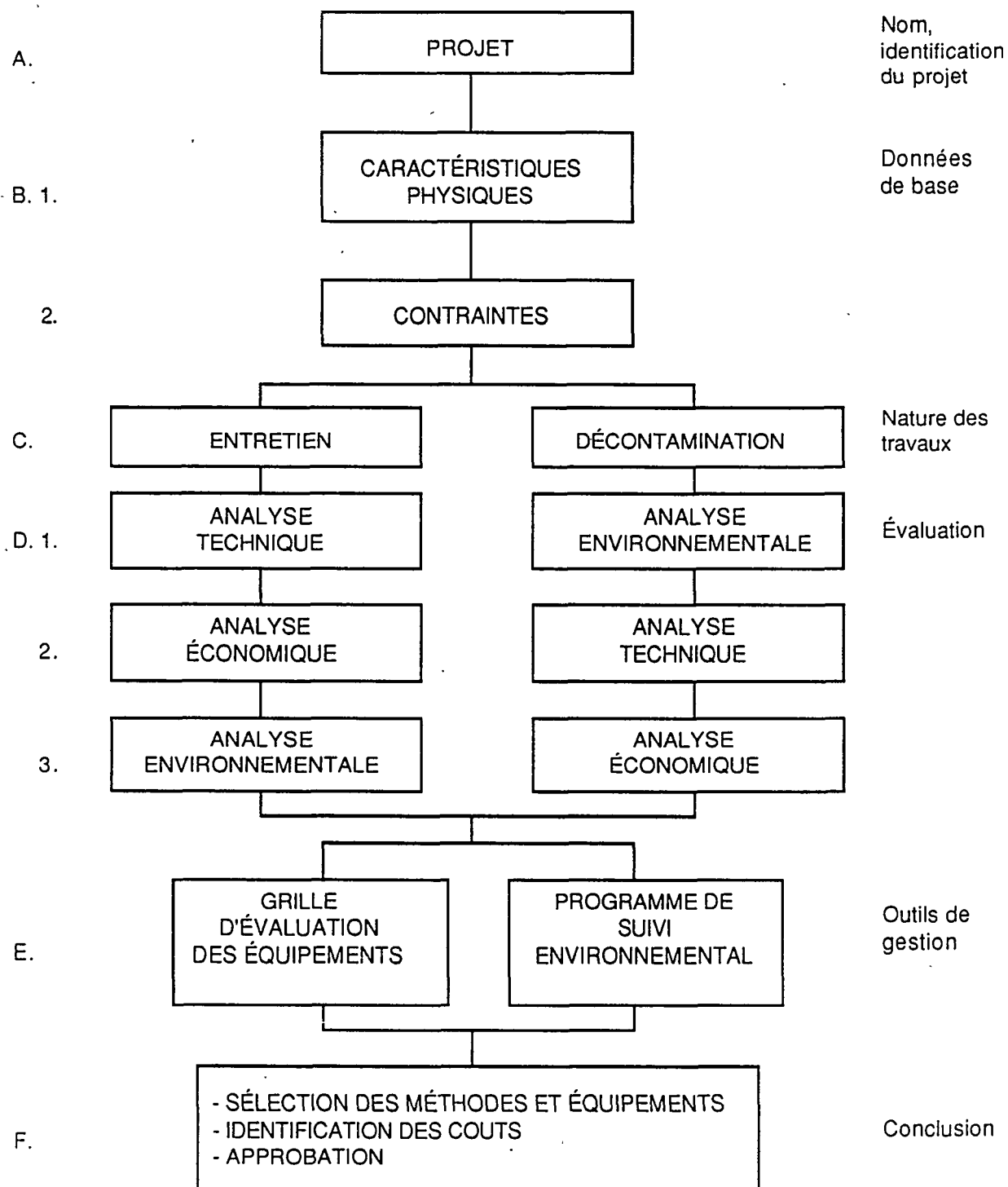
1. Collecte des données de base relatives au projet (caractéristiques physiques, contraintes).
2. Analyse technique environnementale et économique à l'aide, entre autres, d'une grille d'évaluation.
3. Mise au point des méthodes de travail, tel que le programme de suivi environnemental (ceci peut faire ressortir des problèmes spécifiques influant sur le choix des équipements).

L'approche d'évaluation proposée suit le cheminement général illustré à la Figure 4.2. La méthode, bien que flexible, doit définir d'une façon claire auprès des différents intervenants les règles qui seront appliquées à toutes étapes d'un projet donné.

De façon à faciliter le travail de la personne ou du groupe de personnes ayant le mandat d'évaluer et de mettre en oeuvre des

CHEMINEMENT GÉNÉRAL D'ÉVALUATION ET DE SÉLECTION DES ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE

Figure 4.2



travaux de dragage, un formulaire a été préparé. Ce formulaire, inclus à l'annexe "F", constitue un outil de gestion pouvant servir lors de trois étapes d'un projet:

1. Evaluation préliminaire, étude de faisabilité, préparation du budget.
2. Préparation des devis, demande de proposition.
3. Sélection de l'entrepreneur suite au dépôt des soumissions, gestion du projet avec celui-ci.

Les parties du formulaire (A à F) suivent les étapes illustrées à la Figure 4.2.

Les données de base du projet (caractéristiques physiques et contraintes) sont d'abord définies à la section B.

La nature des travaux doit ensuite être indiquée, selon qu'il s'agisse de dragage réalisé pour des raisons d'entretien ou de construction, ou d'un dragage réalisé pour des raisons de dépollution (section C). Cette distinction est importante car elle influencera profondément les stratégies d'intervention et la sélection des équipements.

L'évaluation proprement dite se fait à la section D, selon l'ordre indiqué à la Figure 4.2. La séquence de l'analyse dépend de la nature des travaux. Par exemple, dans le cas de travaux de décontamination, les analyses techniques et économiques seront subordonnées à l'analyse environnementale, tandis que l'inverse est fait dans le cas de travaux d'entretien.

Chaque critère analysé est associé à un facteur de pondération pour la grille d'évaluation (une importance relative) et des

barèmes pour établir le pointage propre aux différents équipements évalués. Les évaluations données à la section 4.2 peuvent servir à cet égard. Il est important de s'assurer que les caractéristiques spécifiques nécessaires seront effectivement disponibles pour les travaux.

Les différents éléments du programme de suivi environnemental qui sera mis en place au cours des travaux et dans certains cas à la suite des travaux, seront identifiés.

La grille d'évaluation et le programme de suivi environnemental sont présentés à la section E. Toute méthode spéciale de travail est ensuite définie et pourra être intégrée dans les devis des travaux.

Ces démarches permettront d'identifier et d'optimiser les coûts du projet d'une façon responsable et réaliste, en particulier dans les cas où des problèmes de nature environnementale existent et où des normes de concentrations de contaminants doivent être rencontrées.

Les conclusions, incluant la sélection des méthodes et équipements, l'identification des coûts et les approbations nécessaires sont présentés à la section F.

La méthode présentée pourra aider le gestionnaire à étoffer et à expliquer ses recommandations et permettra une révision de la démarche par d'autres intervenants.

5.0 EXEMPLE D'APPLICATIONS DE MESURES DE PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT RÉALISÉES OU SOUHAITABLES DANS
LES OPÉRATIONS DE DRAGAGE SUR LE SAINT-LAURENT

5.0 EXEMPLE D'APPLICATIONS DE MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT RÉALISÉES OU SOUHAITABLES DANS LES OPÉRATIONS DE DRAGAGE SUR LE ST-LAURENT

5.1 Expertise mondiale

5.1.1 Modifications techniques des équipements

Présentement des dizaines de millions de dollars sont alloués en recherche et développement aux États-Unis pour connaître les impacts des projets de dragage, le développement de nouvelles technologies et de méthodes d'analyse. Les mécanismes d'échange entre l'eau et les sédiments contaminés dans les conditions actuelles et pendant les opérations de dragage sont en voie d'être mieux définis.

Avant de présenter des exemples d'application pour le St-Laurent, quelques exemples américains et japonais de dragage répertoriés dans la littérature pour des sédiments contaminés sont présentés (Tableau 5.1) à titre de référence.

Le Tableau 5.1 montre que les projets réalisés à l'aide d'équipements hydrauliques sont habituellement suivis d'un traitement des eaux, alors que les projets réalisés à l'aide de dragues mécaniques à bennes preneuses n'en comportent pas souvent. Les projets réalisés à l'aide d'équipements non conventionnels (Drague Pneuma et drague Clean-Up) sont aussi suivis de traitement des eaux.

5.1.2 Modifications administratives des activités de dragage

Outre les mesures mitigation environnementales, l'expertise mondiale présente un intérêt du côté de l'octroi des contrats de dragage.

TABLEAU 5.1: CAS DE PROJETS DE DRAGAGE DE SEDIMENTS CONTAMINES REALISES AUX ETATS-UNIS OU AU JAPON

I N C I D E N T	T E C H N I Q U E D E N E T T O Y A G E *	C O M M E N T A I R E S
DUWAMISH WATERWAY (Seattle, WA) Déversement de BPC dans un chenal à marée, affluent de Puget Sound	Drague Pneuma Rideau de bulles d'air Drague sous-marine manuelle Bassins de décantation Elimination en décharge spéciale Enfouissement sur place Filtres à sable Adsorption sur charbon actif	Nettoyage en deux étapes: mesures d'urgence habituelles et nettoyage final planifié; les mesures initiales n'ont pas permis un nettoyage complet en raison de l'étalement des BPC sous l'action de la marée; nettoyage au moyen d'un système mobile de traitement physico-chimique de l'EPA (filtres à sable et charbon actif) et une drague Pneuma de fabrication italienne (drague pneumatique à faible turbidité) utilisée pour la première fois aux Etats-Unis
EMBOUCHURE DU MISSISSIPPI (Shell Beach, LA) Déversement de BPC dans un chenal à marée débouchant dans le golfe du Mexique	Drague suceuse Barges de décantation Elimination en décharge spéciale Coagulation/floculation Adsorption sur charbon actif	La drague aspiratrice a été fabriquée avec des matériaux disponibles sur place; des plongeurs ont retiré les débris éparpillés dans la zone de déversements; un Chromascope a été utilisé pour localiser les amas de BPC
PORT HIRO (Kure-Shi, Japon) Accumulation d'azote et d'amoniac dans les sédiments d'un port marchand côtier, attribuée au rejet prolongé d'effluents de fabrication de pâtes et papier	Drague de nettoyage Barges de décantation Solidification Elimination en décharge contrôlée Coagulation/floculation Adsorption sur charbon actif	Démonstration pilote pour un projet de restauration dans le port; démonstration d'un prototype de la drague Cleanup (dragage hydraulique à faible turbidité)
JAMES RIVER (Hopewell, VA) Accumulation de Képone dans les sédiments d'un chenal à marée et un cours d'eau utilisé en pêche commerciale, affluent de la baie Chesapeake, attribuée au déversement prolongé d'eaux résiduaires	Drague à désagréateur Drague suceuse de type Dustpan Elimination dans une colonne d'eau (Drague Oozer, bassins de décantation, solidification, élimination terrestre sur place, adsorption sur charbon actif, dégradation photochimique, ozonation, radiation, sorbants, recouvrement)	Etudes de faisabilité suivies d'une démonstration comparative des dragues à désagréateur et du type Dustpan (toutes deux hydrauliques) par l'U.S. Army Corps of Engineers; un nettoyage à grande échelle est peu probable; les résultats de la démonstration et de la surveillance de la turbidité produite serviront à l'évaluation des projets de dragage d'entretien nécessaires dans la James River et autres plans d'eau
MILL RIVER (Fairfield, CT) Accumulation de plomb dans les sédiments d'un petit réservoir de retenue dans un affluent du Long Island Sound, attribuée au rejet prolongé d'eaux résiduaires industrielles	Drague hydraulique portative Ensablement Bassins de décantation Filtre-presse Solidification Elimination en décharge spéciale Elimination en décharge contrôlée Coagulation/floculation (Elimination en colonne d'eau, recouvrement, fixation)	Polymère coagulant pour faciliter la décantation des fins résidus de dragage; sédiments éliminés dans des décharges de déchets dangereux ou contrôlées, selon la teneur en plomb; filtres-preses à courroie pour assécher les sédiments; problèmes mécaniques dus aux débris (briques, clous) présents dans les sédiments

* Les techniques mentionnées entre parenthèses ont été envisagées comme solutions de rechange.

TABEAU 5.1: CAS DE PROJETS DE DRAGAGE DE SEDIMENTS CONTAMINES REALISES AUX ETATS-UNIS OU AU JAPON
(suite)

I N C I D E N T	T E C H N I Q U E D E N E T T O Y A G E *	C O M M E N T A I R E S
NORTH FORK HOLSTON RIVER (Saltville, VA) Accumulation de mercure dans les sédiments d'une petite rivière en zone rurale, à écoulement rapide, traversant une région industrielle, affluent de la Tennessee River, attribuée à des fuites probablement de longue date provenant des industries voisines	Dérivation du cours d'eau Batardeaux Drague à benne preneuse Drague chargeuse Tamisage des solides Elimination terrestre sur place Recouvrement	La rivière a été dérivée au moyen de batardeaux faits de sacs de sable; ils ont été emportés deux fois par le fort courant; les tamis fins (1/4 de po) se colmataient rapidement; par contre, ceux de 1/2 po ont donné de bons résultats; les matériaux tamisés constituaient le tiers du volume total des sédiments retirés et contenaient 99 % du mercure récupéré; le fond de la rivière a été bétonné par voie hydraulique
BRAS SUD DE LA RIVIERE SHIAWASSEE (Howell, MI) Accumulation de BPC dans les sédiments d'une petite rivière peu profonde en milieu rural, affluent du lac Huron, attribuée au rejet prolongé d'eaux de refroidissement industrielles	Drague à benne preneuse Drague rétrocaveuse Drague manuelle de surface Drague amphibie Mesure de la turbidité Bassins de décantation Séparation des solides par décantation Elimination en décharge spéciale Elimination en décharge contrôlée Filtration du sable Adsorption sur charbon actif (Dérivation du cours d'eau, batardeaux, drague râclante, filtre-pressé, solidification)	La majorité des sédiments ont été récupérés par un système sous vide actionné par des opérateurs travaillant à même la rivière peu profonde, puis ont été séparés en particules grossières et fines par décantation et filtrage; ils ont été évacués dans des décharges de déchets dangereux ou contrôlées, selon la teneur en BPC; des barrages ont été construits en travers du cours d'eau pour contenir les sédiments pollués remis en suspension

* Les techniques mentionnées entre parenthèses ont été envisagées comme solutions de rechange.

Aux États-Unis, suite à la décision du gouvernement fédéral de confier à l'entreprise privée les travaux de dragage, certains appréhendaient une augmentation considérable des coûts des travaux. Or l'expérience après plusieurs années a démontré que ces craintes étaient non fondées et que les prix avaient plutôt tendance à se maintenir malgré l'inflation en raison d'un marché de forte compétition. Les compagnies ont toujours soumissionné plus bas que le prix estimé par l'U.S. Army Corps of Engineers.

Certains motifs sont à la base de cette différence de coûts:

- Plusieurs entreprises privées de dragage ont une activité mixte, constructions ou réparations navales, terrassements etc..., ce qui leur permet de faire face aux fluctuations de l'activité de dragage à moindres coûts.
- Les conventions collectives des entreprises privées permettent aux entrepreneurs de réaffecter ou de remercier les équipes de travail dès que le projet de dragage est terminé. L'état maintient une partie de son personnel douze mois/année pour les besoins d'entretien de l'équipement. La majeure partie du personnel de travaux publics est constituée de personnes embauchées sur une base saisonnière.
- Le contrôle technique de l'activité de dragage dans le secteur privé est plus serré, et comme le mode de paiement ne permet que très peu de surdragage, le coût final des travaux est plus bas.
- Le secteur privé peut travailler, le plus souvent, sept jours/semaine et à trois équipes par jour.

- Enfin, la recherche permanente d'une meilleure compétitivité et d'une meilleure productivité force la plupart des entreprises privées à innover davantage.

Tous ces facteurs peuvent contribuer effectivement à la réalisation de coût unitaire, compétitif et, très souvent plus bas que les prix obtenus par l'état.

De plus, la pratique du gouvernement américain est d'annoncer annuellement tous les projets de dragage qui seront réalisés dans les 3 ou 4 prochaines années à l'échelle nationale. En plus de préciser les endroits et les volumes estimés de dragage, il définit le type de drague qui sera normalement requis.

Cette approche incite les compagnies à se doter des équipements les plus performants possibles pour obtenir les contrats. Alors qu'il se construisait très peu de dragues autoporteuses avant les années 1970, depuis 1980, il s'est construit environ une dizaine de ces équipements suite à la décision de l'U.S. Army de réduire au minimum sa flotte.

L'exemple du ministère des Travaux belge peut donner une autre voie à suivre, il s'agit de l'utilisation des contrats octroyés pour plusieurs années. Il est évident qu'en Belgique, comme partout dans le monde, le volume annuel de dragage d'entretien et surtout d'intervention est aléatoire; ce volume dépend des conditions hydrologiques et météorologiques qui apportent des variations importantes chaque année (de 25 à 40 millions m³/année). Néanmoins on donne des contrats dit "ouverts" où certaines opérations sont quantifiées, mais d'autres ne le sont pas, et cela pour une durée de neuf (9) ans.

Cette durée est apparemment trop longue. Après neuf ans d'activité, dans une certaine zone, l'entreprise qui a eu le

contrat a éliminé pratiquement toute concurrence et se retrouve en position d'un véritable "monopole". Un contrat de 4 à 5 années (ou au minimum 3 ans) serait suffisant pour permettre à l'entreprise gagnante de se doter d'un équipement moderne et approprié et d'assurer une amélioration constante de son équipement.

Les opérations d'intervention sont payées au prix unitaire établi pour de telles opérations et des délais maximaux sont prévus pour le début des travaux.

L'Association Canadienne de dragage, qui regroupe à peu près tous les entrepreneurs en dragage du pays, a mis en évidence que le dragage effectué par l'entreprise privée coûtait dans l'ensemble moins cher que celui exécuté par Travaux Publics Canada (voir rapport de visite annexe-C).

La totalité des personnes consultées a reconnu qu'il est actuellement très difficile pour l'entreprise privée d'ici d'entreprendre une modernisation quelconque de l'équipement de dragage, sans être assurée d'avoir des contrats, du moins à moyen, sinon à long terme.

En effet, présentement les contrats sont octroyés le printemps, pour l'été en cours, de la même année. De plus il s'agit souvent de travaux de petite envergure aucune amélioration ne peut être envisagée (une révision sommaire avant le début des travaux est à peine réalisable). La conséquence en est le mauvais état technique d'une bonne partie de l'équipement. Les réparations plus importantes ne sont pas entreprises par crainte de ne pas être amorties.

La compétition entre les compagnies entraînerait une amélioration de toutes les composantes de la drague. Alors qu'il est rela-

tivement facile d'acquérir de nouveaux équipements pour les compagnies privées, il n'en est pas de même pour les agences gouvernementales où la lourdeur administrative limite grandement ces améliorations: nombreuses études de justification, plusieurs étapes d'approbation, procédure d'appel d'offre, etc. En plus d'être un processus très coûteux, il peut s'échelonner sur plusieurs années alors que les compagnies privées, pendant ce temps, auront eu le temps d'améliorer plusieurs composantes de leur équipement.

La privatisation permettrait aussi aux compagnies, ayant l'assurance d'une activité constante, d'exporter leur compétence et leur équipements à travers le monde. L'activité au pays représente une base et une véritable école qui permet ensuite une expansion internationale.

5.2 Expertise dans l'est du Canada

La flotte de dragues présente entre les Grands Lacs et le Golfe du Saint-Laurent est constituée d'équipements conventionnels, principalement de dragues à benne preneuse et de dragues à succion à désagregateur. Le nombre de ces équipements est grandement supérieur aux besoins, de sorte que la flotte est énormément sous-utilisée. Leighton (1988), avait établi que la flotte du secteur privé de la région de l'Atlantique avait opéré à moins d'un septième de sa capacité au cours des 5 années précédentes. Il n'existe donc pas de besoins en nombre d'équipements.

On peut appuyer cette appréciation en mentionnant qu'une seule drague hydraulique du type le plus répandu (diamètre de 25,4 cm) peut excaver, dans des conditions normales, entre 50 et 90 m³/heure. Pour un travail de 24 heures/jour, et 7 jours/semaine, cette drague pourrait produire entre 140 000 et 260 000 m³ durant

une saison de seulement 4 mois. Or, présentement, il y a sur le fleuve 7 dragues de ce type, donc la capacité oscille entre quelque 980 000 et 1 820 000 m³/saison. Cette capacité dépasse largement le volume moyen annuel d'excavation (environ 750 000 m³/an).

Il est évident que la production des dragues dépend directement des conditions de travail (profondeur, distance de refoulement,...) et de la quantité de matériaux à excaver. Pour illustrer cette relation une drague hydraulique de 66 cm de diamètre servira d'exemple. Les conditions de travail sont choisies ainsi: 15 mètres de profondeur, 900 mètres de distance de refoulement et un régime d'activité de 24 heures/jour, 7 jours/semaine. La productivité en fonction du matériel à excaver sera donc la suivante:

- pour un terrain mou (vase) environ 1 000 000 m³/mois.
- pour un terrain moyen (sable compact, granulaire) environ 650 000 m³/mois.
- pour un terrain très dur (moraine, argile) environ 200 000 m³/mois.

Il est évident qu'une seule drague de ce type peut facilement couvrir un volume de 750 000 m³ durant une seule saison d'activité.

Au niveau de la capacité des équipements à répondre aux exigences environnementales, aucun équipement n'a fait l'objet d'étude scientifique spécifique. Mais il semble raisonnable de supposer que ces équipements ont un comportement environnemental analogue aux équipements de la même catégorie (conventionnelle), mentionnés dans la littérature. Le chapitre 3 fait état des performances environnementales et des mesures de mitigation possibles pour chaque type d'équipement.

Parmi les mesures de mitigation (sur et autour des appareils, sur les modes d'application, sur les travaux de préparation, etc.) mentionnées dans la littérature, certaines sont facilement réalisables. Les entrepreneurs de dragage de la région affirment pouvoir améliorer ou modifier leurs équipements si les contrats futurs le demandent et s'ils en sont avisés suffisamment à l'avance.

Au cours des visites, des conversations téléphoniques et de l'analyse de certains documents, quelques projets de dragage récents dans la région ayant un caractère environnemental ont été portés à notre attention. La plupart de ces projets ont été réalisés avec de l'équipement de dragage très conventionnel. Parmi les mesures de mitigation des impacts environnementaux on retrouve:

- Choix de la drague la plus performante (meilleur rapport efficacité/prix) suite à une étude d'impact ou un programme d'échantillonnage ou en considérant une source de pollution non contrôlée (eaux de ruissellement d'un terrain avoisinant contaminé);
- Utilisation de bio-test (le benthos) pour déterminer la zone de sédiments contaminés;
- Organisation d'un programme séquentiel de dragage dans une zone sensible pour les ressources ichthyenne et benthique.
- Installation d'un couvercle autour du désagregateur de la drague à suction;
- Système de benne preneuse-chambre étanche: coquille intérieure sous vide enveloppée d'une coquille extérieure;

- Utilisation de deux dragues (mécanique et hydraulique), une derrière l'autre pour permettre un meilleur rendement en présence de roches sur le lit du cours d'eau;
- Utilisation de la succion simple (plongeurs) pour limiter la resuspension de contaminants;
- Maintient de la vitesse de pompage au minimum;
- Comparaison des M.E.S. générées par dragage mécanique et par dragage hydraulique (de type suceuse-refouleuse);
- Suivi des matières en suspension pendant les activités de dragage (évaluation visuelle de la dimension du panache);
- Mesures de vitesse de courant;
- Installation d'écrans protecteurs, d'estacades, d'une membrane géotextile, d'absorbants ou d'un mur de palplanches à l'intérieur d'un écran protecteur;
- Aménagement de digues de pierre pour empêcher la dispersion des sédiments et détourner l'écoulement de la rivière;
- Améliorations du diffuseur à la sortie du système hydraulique: imperméabilisation du diffuseur, ajout d'un déflecteur pour diriger les boues vers le haut plutôt que vers les parois du diffuseur, amélioration de la membrane fermant l'ouverture du pipeline, réduction de la vitesse de déversement dans le diffuseur;
- Établissement d'une aire de confinement pour le dépôt des sédiments (à l'intérieur d'un bassin portuaire, à l'aide

d'un épi près de la darse et ajout d'un écran de protection dans le prolongement de l'épi);

- Traitement de l'eau recueillie lors de l'aspiration par une unité mobile ou par une unité aménagée en rive;

Les paragraphes qui suivent présentent quelques mesures de mitigations qui ont été appliquées sur des projets de dragage réalisés sur le fleuve St-Laurent ou ses tributaires.

Ile-du-Prince-Edouard

A l'Ile-du-Prince-Edouard (Maritime Dredging) le propriétaire d'une drague à succion a construit un couvercle s'adaptant autour du désagrégateur lui permettant ainsi de draguer sans causer de remise en suspension de sédiments, ce qui aurait nui à des cultures de moules situées à proximité.

Rivière Rideau

Le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MOE) a été impliqué dans le nettoyage de la rivière Rideau. Huit mille gallons de goudron se sont retrouvés au fond de la rivière. Quatre mille gallons étaient en flaque, presque purs, alors que les autres 4 000 gallons étaient répandus sur une surface de 200 m x 400 m.

Étant donné que le résidu était liquide, la technologie retenue a été une succion simple, opérée par des plongeurs. Ce mode d'aspiration ne cause pas de resuspension. Cela a été vérifié par un programme exhaustif d'échantillonnage (turbidité, benzène, toluène, xylène, HAP). Par contre, une quantité d'eau importante a été aspirée en même temps que les sédiments. Cette eau a été

traitée par une unité mobile de traitement des eaux. Le coût total du projet a été de 3 000 000 \$.

Bassin Windermere (Hamilton)

Les sédiments du bassin Windermere (Hamilton) sont contaminés avec des métaux lourds et des BPC. La source de métaux est l'usine de traitement des eaux usées de la ville de Hamilton qui n'était équipée que d'un système de traitement primaire jusqu'en 1978. Les différentes alternatives envisagées pour le bassin Windermere ont été (Envirosearch, 1985): ne rien faire, enlever tous les sédiments et les éliminer hors site ou les incinérer, draguer partiellement et disposer dans des cellules d'enfouissement situées en bordure du bassin.

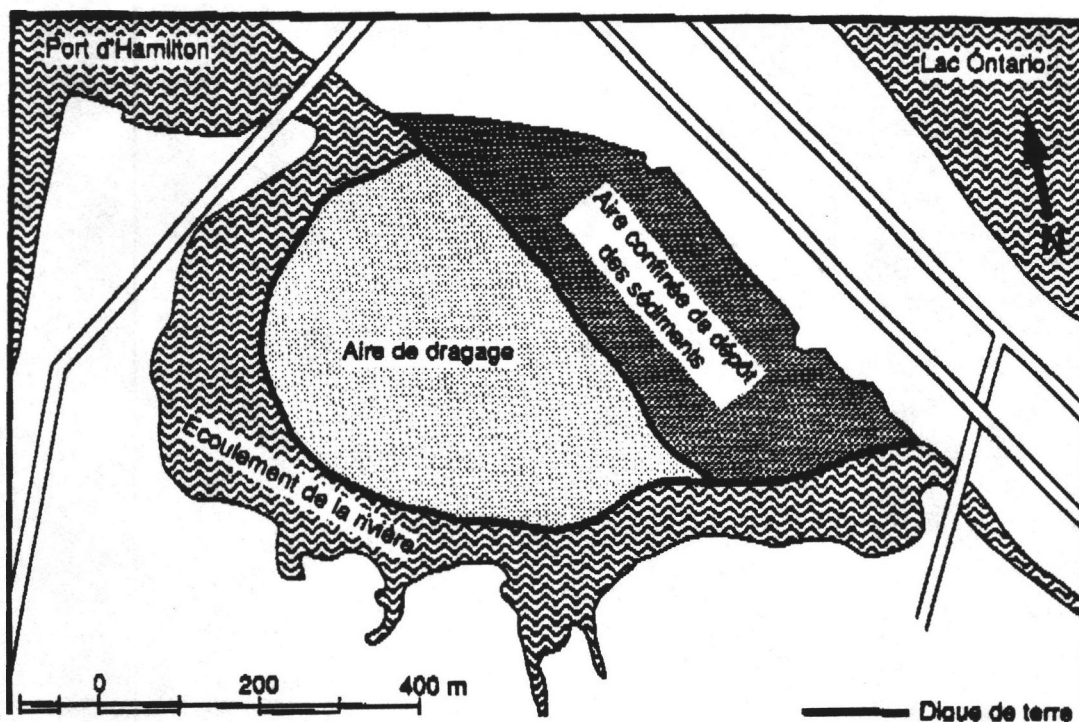
Cette dernière alternative a été retenue. Un volume total de 340 000 m³ a été dragué entre septembre 1989 et janvier 1990, à raison de 4 000 m³/j. L'équipement de dragage utilisé est une drague suceuse à désagréateur de 40 cm.

Un aménagement particulier a été utilisé pendant les travaux de la drague afin de minimiser la perte de matières solides dans l'environnement. Des digues de terre ont été construites autour de la drague de façon à détourner l'écoulement de la rivière sur la rive gauche du bassin (Figure 5.1 A). Cet aménagement fait en sorte que la drague opère dans un milieu fermé. L'eau pompée en même temps que les sédiments ainsi que toutes particules entraînées retournent dans le bassin où la drague travaille. A la fin des travaux de dragage, l'écoulement de la rivière sera rétabli au centre du bassin. L'aire de confinement "B" en rive gauche sera fermée (Figure 5.1 B), créant ainsi de l'espace pour le dépôt des sédiments provenant des dragages futurs d'entretien.

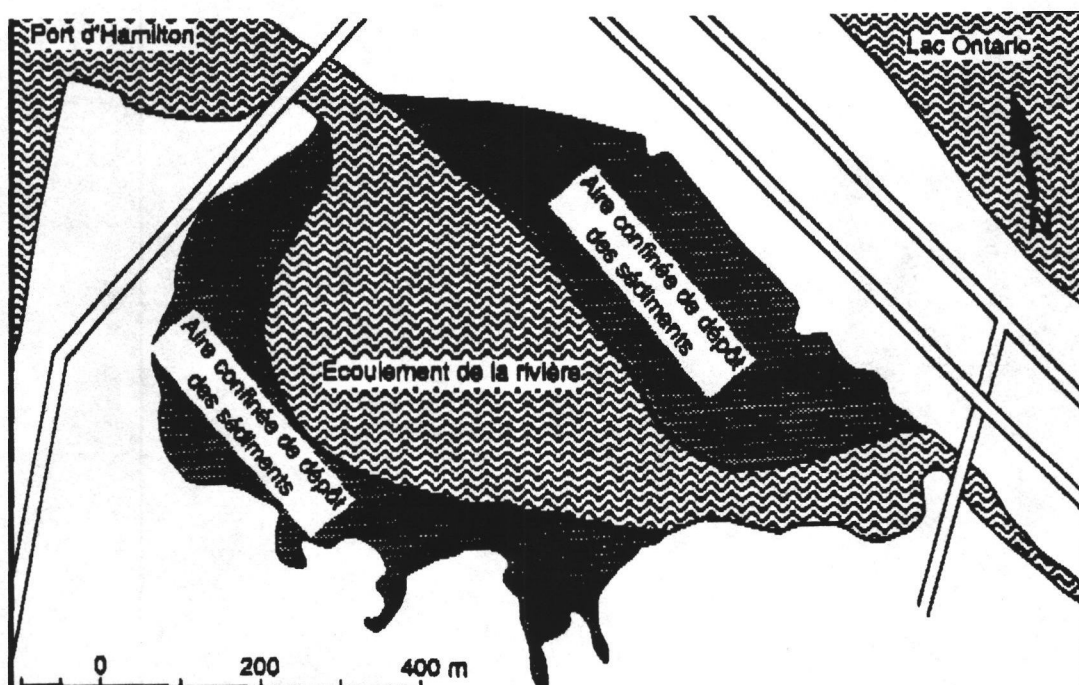
AMÉNAGEMENT DU BASSIN WINDERMERE PENDANT ET APRÈS LES TRAVAUX DE DRAGAGE

Figure 5.1

AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL DU BASSIN WINDERMERE PENDANT LES TRAVAUX



AMÉNAGEMENT FINAL GÉNÉRAL APRÈS LA FIN DES TRAVAUX



Kettle Creek (Ontario)

Les sédiments de Kettle Creek (Ontario) sont contaminés aux HAP. La source de contamination est une usine de gazéification du charbon qui a contaminé les terrains avoisinants le cours d'eau. La contamination s'est infiltrée jusqu'au fond de la rivière.

Dans ce cas, la problématique a consisté à d'abord définir l'aire devant être nettoyée. Pour ce faire, la communauté benthique a été utilisée afin de délimiter statistiquement l'aire où les organismes sont affectés par la source de pollution.

Il n'a pas encore été décidé si les sédiments de cette aire seront dragués car la source de pollution n'est pas encore sous contrôle. Néanmoins, deux types d'équipement ont été étudiés: drague hydraulique suivi d'une décantation et du traitement de l'eau ou encore drague à benne, entourée d'un écran protecteur pour éviter la remise en suspension.

Comme il n'y a pas de courant majeur dans le ruisseau, l'installation d'un écran protecteur est possible. La solution de la drague à benne serait donc applicable. De plus, la granulométrie des sédiments se prête bien à ce genre d'équipement (sable et cailloux).

Les équipements modifiés pour les travaux environnementaux n'ont pas été considérés. On a plutôt tenté de choisir parmi les équipements disponibles dans la région et on a optimisé le choix parmi ces équipements.

Chippawa Creek (Ontario)

A Chippawa Creek (Ontario), un tributaire de la rivière Welland, les sédiments, les sols et déchets inondés étaient contaminés par des HAP. La nature des sédiments commandait la réduction de la remise en suspension. Le dragage a été réalisé à l'aide d'une drague mécanique développée par Dufresne et Sanivan: la benne intérieure est enveloppée d'une coquille extérieure qui se referme autour de la benne intérieure après préhension des sédiments et avant la remontée dans la colonne d'eau. La coquille intérieure est maintenue sous vide, ce qui élimine en grande partie les fuites d'eau chargée de particules fines. L'aspiration est appliquée à partir du moment d'entrée de la benne dans les sédiments jusqu'à ce que le matériel soit déversé dans les barges prévues à cette fin. L'eau recueillie était acheminée à une unité de traitement aménagée en rive.

Comme niveau supplémentaire de protection, des écrans protecteurs oléophiles (pour limiter la perte de sédiments huileux), des estacades et des absorbants étaient déployés en aval de la drague. Cette technique avait été expérimentée au préalable dans le Saint-Laurent à proximité de l'île Charron.

Des échantillons quotidiens de solides en suspension ont été prélevés par des plongeurs immédiatement en aval de la benne et de l'écran protecteur. Ces prélèvements furent combinés aux mesures de vitesse de courant et à l'évaluation de la dimension du panache, afin de disposer d'une mesure des pertes quotidiennes ("sediment load"). Cette mesure a été comparée au volume de sédiments excavés afin de déterminer le pourcentage de perte de sédiments qui avait été limité à 10% par le ministère de l'environnement d'Ontario. La moyenne des pertes de sédiments a été estimée à 0,9%.

Ces travaux faisaient suite à une tentative d'enlèvement de sédiments l'année précédente par aspiration avec des plongeurs. Seulement 10% des sédiments contaminés avaient alors été enlevés à un coût de 700 000 \$. Les travaux exécutés avec la drague à chambre à benne sous-vide ont permis d'enlever les 90% restants à un coût de 700 000 \$.

Quai Murphy Mil Davie Inc

Un suivi les matières en suspension a été entrepris pendant les activités de dragage (Lauzon et Associés 87, 88, 89). L'objectif de ce suivi environnemental consistait à s'assurer du respect des limites fixées pour la prise d'eau potable située en aval, à vérifier le comportement sédimentaire des sables rejetés derrière le quai Murphy et des vases déposées dans la fosse de confinement et finalement à établir une comparaison entre deux méthodes de dragage (hydraulique et mécanique).

Dans une première phase de dragage continu sur 72 heures (1987), un volume de 25 000 m³ de vase a été enlevé à l'aide d'une drague à benne preneuse et chargé sur des barges. Les concentrations de M.E.S mesurées pendant la période de dragage des vases n'ont pas dépassé la concentration maximale mesurée avant le début des activités de dragage (43,6 mg/l). Les plus fortes concentrations (116,4 mg/l) ont été mesurées après le déversement des barges derrière le rideau de protection.

Pendant le dragage une stratification se produit dans la colonne d'eau telle que les échantillons d'eau de surface sont différents de ceux prélevés du fond. Les concentrations en M.E.S. sont passées de 12 mg/l, en période d'arrêt d'opération, à 17 mg/l pendant les opérations de dragage. Cette augmentation n'a pas été considérée significative en comparaison de l'objectif fixé de moins de 80 mg/l.

Dans la deuxième phase (1988) une drague hydraulique de type suceuse à désagréateur couplée à un pipeline flottant a été utilisée pour excaver les sédiments contaminés. Aussi, le débit de pompage a été maintenu entre 12 et 16 m³/sec.

Les vases ont été déposées dans une fosse de confinement à l'aide d'un derrick se déplaçant longitudinalement et latéralement pour épandre les sédiments dans la fosse. Afin de réduire la vitesse de déversement un élargissement du pipeline a été ajouté près du derrick. A la flèche du derrick, un diffuseur était installé permettant de déposer les vases près du fond de la fosse.

De plus un déflecteur a été soudé à la sortie du pipeline dans le but de diriger les boues de dragage vers le haut plutôt que sur sa paroi interne. Ainsi, des travaux de soudure ont été effectués pour augmenter l'étanchéité du joint des 2 premières sections cylindriques du diffuseur, et la membrane caoutchouteuse fermant l'ouverture a été changée pour une plus rigide de façon à enrayer les pertes de boues de dragage (Thibeault, Comm. pers. 1990).

Une des difficultés majeures de ce projet a été la proximité immédiate du chantier naval qui armait des bateaux. Durant ces travaux de chantier, on perd des câbles, des pièces de métal, des pneus, de cylindres de soudure, etc... Ces débris dérangent beaucoup le désagréateur et la suction.

En général, on retrouve les sédiments contaminés près des ports ou des installations industrielles. Dans ces cas, la présence de débris doit être prise en compte dans le choix de l'équipement de dragage. Parfois il est même nécessaire de nettoyer le terrain puisque l'enrayement du désagréateur ralentit considérablement les travaux.

La comparaison des résultats obtenus avant et après modifications du mode d'opération de la drague hydraulique et de certains éléments du diffuseur indique une diminution significative des concentrations moyennes en M.E.S. (45,9 vs 25,0 mg/l; 84,2 vs 52,4 mg/l).

Les résultats obtenus lors du suivi de 72 heures du dragage mécanique ont été comparé aux résultats obtenus lors du suivi de 77 heures du dragage hydraulique de même qu'avec les résultats obtenus à la suite de la série de modifications apportées au système hydraulique.

Les opérations de dragage hydraulique ont généré des concentrations moyennes de M.E.S. plus élevées avec toutefois des plages de variations des concentrations plus étroites que lors du dragage mécanique à l'intérieur de la darse, alors qu'à la sortie de la darse, les maxima enregistrés pendant le dragage mécanique sont plus élevés que lors du dragage hydraulique. Ces résultats s'expliquent par la nature même des opérations de dragage mécanique qui génèrent des augmentations de concentrations, principalement lors du déchargement des barges. Les opérations de dragage hydraulique génèrent une suspension de vases qui prend plus de temps à sédimenter.

Dans la dernière phase de construction du quai en 1989 (Hamelin et Associés 1989), les opérations de dragage de lits de lancement ont été effectuées à l'aide d'une drague mécanique. Les matériaux excavés ont été transportés par barge. Le volume total excavé se chiffre à 7 500 m³. Une vérification visuelle de l'étendue du panache de dispersion a également été réalisée. Aucun panache de dispersion n'a été visible à l'extérieur de l'enceinte des infrastructures maritimes des chantiers.

Havre du Cap-aux-Meules

Un volume total de sédiments de quelque 1 850 m³ a été dragué dans le havre de Cap-aux-Meules à l'aide d'une drague à benne preneuse d'une capacité de 0,95 m³. Une étude environnementale avait préalablement identifié une contamination des sédiments de surface par les biphényles polychlorés (BPC).

Une membrane géotextile fut utilisée comme écran protecteur, limitant efficacement la dispersion des eaux turbides dans le havre et à l'extérieur (Bélanger, 1988).

Rive-Sud de Montréal

Les travaux d'assainissement des eaux ont été effectués à l'aide d'une drague suceuse refouleuse de 30,4 cm. Les matériaux furent acheminés au moyen d'un pipeline de 30,4 cm de diamètre traversant l'île Charron de part en part, sur une distance de près de 1 km.

Le rejet des matériaux pompés, constitués d'une fraction liquide estimée à environ 80 % du volume total, s'est effectué à l'intérieur du havre. De manière à contrôler la dispersion des rejets, l'entrepreneur (Voyageur Marines) a dû installer une membrane géotextile de polypropylène de 5,5 m de profondeur, à environ 100 m du point de rejet.

La présence de roches sur le lit du fleuve a rendu difficile le fonctionnement continu de la drague hydraulique. Une drague à benne-preneuse d'une capacité de 2 m³ a et une drague hydraulique ont été utilisées (l'une derrière l'autre) afin de nettoyer le segment de l'axe de traversée et pour permettre à la drague hydraulique de reprendre sa progression. Le volume total de sédiments dragués se chiffrait à environ 25 000 m³.

Un programme de suivi des solides en suspension a démontré que la diffusion de ces derniers a affecté un tronçon du chenal sud du fleuve d'une largeur de 2 à 3 km, à l'aval de l'axe de la traversée.

Les matériaux furent rejetés dans le havre du pont-tunnel, y restant emprisonnés. Les eaux atteignant la sortie du havre respectaient le critère de plein usage du milieu aquatique pour les M.E.S., soit 25 mg/l.

Québec

Le dragage en 1988 de sédiments contaminés près de Québec (usine Daishowa Inc.) a été effectué à l'aide d'une drague mécanique à benne-preneuse, de 2 barges, et d'un remorqueur. Ultimement, les matériaux ont été transportés par camion à un site de dépôt terrestre.

Le site de dragage était situé dans l'estuaire de la Rivière St-Charles, près des quais 46 et 47 de la papeterie Daishowa.

Un programme de suivi fut élaboré dans le but d'éviter la contamination des eaux du fleuve. Les M.E.S., les solides totaux dissous, les BPC, les huiles et graisses, le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc ont été mesurés aux deux stations. Les concentrations ont toutes été inférieures aux critères d'acceptation ou semblables aux niveaux mesurés en amont des activités sauf pour les huiles et les graisses lors de la première moitié des travaux. Cependant, aucune des concentrations obtenues durant les activités de dragage ne présente de danger pour les divers usages du fleuve.

Installations portuaires du parc industriel de Bécancour

Dans le cadre de l'agrandissement des installations portuaires du parc industriel de Bécancour, une drague suceuse-refouleuse a été utilisée suite à une étude d'impact et à une analyse comparative, telles que requises par le ministère de l'Environnement. La pompe de la drague étant montée sur l'élinde, la succion s'est avérée plus efficace, réduisant les pertes de sédiments autour de la tête. La drague suceuse-refouleuse permettait également d'obtenir de meilleurs taux de dragage et une faible remise en suspension durant le transport.

Un volume moyen de 15 000 m³/j a été dragué. Un volume total de 200 000 m³ a été excavé pendant le dragage de construction et un volume total de 160 000 m³ a été excavé pendant le dragage d'entretien. Une zone propice à l'ensablement et à la décantation des matières en suspension a été créée. Le transport des sédiments jusqu'à ce site s'est effectué par pipeline. Après décantation (bassin primaire), les eaux ont été traitées (bassin secondaire: floculation) avant d'être rejetées en amont du port.

Les précautions suivantes ont été appliquées durant le dragage:

- simulation numérique préalable de la dispersion de solides en suspension durant l'extraction;
- étude préalable sur l'emplacement optimal des écrans protecteurs;
- étude préalable de la taille optimale que devrait avoir les bassins de dépôt;
- essais préalables en laboratoire de sédimentation pour optimiser le temps de rétention dans les bassins;

Page inexistante dans le document numérisé

Trois bancs séparés devaient être dragués. L'un se trouvait dans la partie supérieure du fleuve, le second au centre, et le troisième dans la partie inférieure. A chaque banc et site de dragage, correspond une étape différente du développement vital de ces poissons: des larves, des alevins et des jeunes poissons. Des recommandations ont été formulées afin que les opérations de dragage débutent au printemps dans les zones où séjournent de jeunes poissons de façon à prévenir l'envasement des frayères.

Tunnel Lafontaine sur le St-Laurent

Utilisées surtout autour des pipelines, les dragues à "AIR LIFT" ont servi lors des travaux au tunnel Lafontaine pour assurer le nettoyage des sédiments entre les sections de préfabriqué. Malheureusement, aucun suivi n'a été effectué pour mesurer la remise en suspension dans l'eau.

5.3 Améliorations environnementales possibles des équipements actuels au Québec

Sur la base de ces exemples mondiaux, les améliorations possibles aux équipements actuels et aux méthodes de dragage utilisées sur le fleuve St-Laurent sont synthétisées au Tableau 5.2.

Page inexistante dans le document numérisé

TABEAU 5.2: MODIFICATIONS DES ÉQUIPEMENTS ET DES MÉTHODES DE DRAGAGE POUR AMÉLIORER LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE
(suite) **DES ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE CONVENTIONNELS UTILISÉS SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT**

5.26

	DRAGUE A SUCCION SIMPLE	DRAGUE A DESAGRÉGATEUR	DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE ÉLINDE TRAIN.
Facteurs influençant le niveau de remise en suspension des sédiments	- pression de succion de la pompe. - profondeur de coupe. - vitesse de déplacement latéral.	- angle de la crépine. - vitesse de la pointe du désagrégateur. - vitesse de rotation de la tête. - conception de la roue désagrégratrice. - pression de succion de la pompe. - profondeur de coupe. - vitesse de déplacement latéral. - marée montante et descendante. - portion inférieure du désagrégateur lorsque la drague escave par couches épaisses.	- drague avec surverse ou non. - turbulence générée par la drague autopropulsée. - vitesse de croisière. - pression de succion de la pompe. - crépine trainant près du fond de l'eau.
Modifications techniques possibles	- draguer à des concentrations de solides quasi in-situ. - augmenter la puissance de la pompe aspirante. - installation de bouclier	- installation de boucliers à proximité du désagrégateur. - utiliser un désagrégateur de forme conique. - augmenter la puissance de la pompe aspirante. - modifier l'angle d'attaque des couteaux du désagrégateur. - installation d'un système de dégazage.	- système de surverse anti-turbidité - sans surverse.
Méthode de dragage recommandée	- manipulation avec attention. - choix d'une technique d'avancement de la drague minimisant les plages de résidus. - plans de coupe en escalier de préférence aux coupes verticales. - remonter les ancrs avant de déplacer la drague. - formation d'arcs concentriques contigus sur la surface de dragage. - système de pieux. - possibilité d'enlever la tête désagrégratrice lors du dragage de matériaux mous et fins. - positionnement précis de la drague.	- limiter la profondeur de coupe à environ le diamètre du désagrégateur - limiter la vitesse de déplacement latéral (0,3 pi/sec) - optimiser la vitesse de rotation du désagrégateur avec la puissance de la pompe - choix d'une technique d'avancement de la drague minimisant les plages de résidus - plans de coupe en escalier de préférence aux coupes verticales - remonter les ancrs avant de déplacer la drague - vitesse de rotation du désagrégateur de 30 t/min. - coupe dans le sens de la giration - formation d'arcs concentriques contigus sur la surface de dragage.	- éviter la surverse. - optimiser la vitesse de drague avec la puissance d'aspiration de la pompe. - réduire la vitesse d'écoulement dans les puits à déblais pendant le remplissage. - choix d'une technique d'avancement de la drague minimisant les plages de résidus. - plans de coupe en escalier de préférence aux coupes verticales. - remonter les ancrs avant de déplacer la drague.

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Synthèse

La gestion des sédiments constitue une préoccupation importante dans l'optique d'un programme général de dépollution et de restauration du fleuve Saint-Laurent. La présente étude constitue une réponse à l'une des activités inscrites dans ce programme, celle reliée aux technologies de dragage.

En effet, le mandat de Lavalin Environnement a été d'examiner les équipements de dragage utilisés présentement sur le fleuve et de faire leur évaluation du point de vue de leur efficacité environnementale. Ainsi, lorsque les projets d'excavation des matériaux seront mis de l'avant, les promoteurs et les propriétaires de dragues pourront se doter d'équipements adéquats ou modifier ceux déjà existant, de manière à éviter le plus possible la remise en suspension des sédiments.

Une recherche exhaustive de la littérature spécialisée dans l'analyse des activités de dragage et de l'impact environnemental produit par cette activité a été réalisée.

Une large consultation a été effectuée auprès des promoteurs qui commanditent ou qui sont les clients des activités de dragage, des compagnies de dragage, des agences ou ministères qui sont reponsables de la protection de l'environnement et des chercheurs scientifiques dans ce domaine.

Malgré le manque des statistiques complètes l'activité de dragage représente actuellement un volume moyen annuel de quelque 750 000 m³. Certains travaux de dragage périodiques sont réalisés dans des sédiments plus ou moins contaminés. D'une façon générale, sauf de rares exceptions, aucune restriction

particulière n'est prise quant à la turbidité générée par l'excavation ou par le déversement des sédiments dans l'eau.

Une analyse précise des performances environnementales des équipements actuels n'est pas possible à partir de l'expérience des compagnies canadiennes ou américaines de dragage.

Une telle analyse aurait été possible si des études de suivi environnemental avaient été effectuées de façon systématique dans différents endroits du fleuve et sur plusieurs types d'équipement. Or, de telles études ne sont pas toujours requises au Québec.

En ce qui concerne la dotation technique, il existe certainement un retard technologique dans l'inventaire québécois et canadien des équipements de dragage. Le motif est relié au surplus d'équipement et à certaines pratiques administratives:

- Une partie de ce surplus d'équipement est toujours en activité et l'autre est pratiquement abandonnée depuis la fin des grands travaux débutés en 1946, après la deuxième guerre mondiale. Beaucoup de ces derniers équipements sont dans un très mauvais état et leur remise en exploitation entraînerait des investissements fort importants. Cependant il existe un intérêt certain pour l'environnement et toutes les compagnies consultées ont affirmé être prêtes à s'adapter aux nouvelles exigences.
- Les pratiques administratives compromettant la mise à jour technologique des équipements de dragage québécois sont: la présence d'un parc de dragues, propriété du Gouvernement Fédéral et l'établissement des plans de dragage à très court terme ainsi que l'attribution des contrats de dragage annuels, au début de chaque année.

Toutes les personnes consultées ont reconnu qu'il est actuellement très difficile pour l'entreprise privée d'entreprendre une modernisation quelconque de l'équipement de dragage, sans être assurée d'avoir des contrats, du moins à moyen, sinon à long terme.

Si au niveau des réglementations environnementales la situation des pays d'Europe visités est très différente, en échange les préoccupations sont les mêmes. On assiste presque partout à des nouveaux développements technologiques en matière d'équipement de dragage et surtout dans les appareils destinés au contrôle de ces activités.

L'évaluation des techniques de dragage a été possible uniquement par l'analyse des études spécialisées réalisées un peu partout dans le monde mais en particulier celle de l'U.S. Army Corps of Engineers. Elle a établi que:

- Les dragues conventionnelles hydrauliques/mécaniques sont les plus utilisées et leur emploi oblige souvent d'accepter un compromis entre les impacts environnementaux au site d'excavation et de dépôt et la performance technique escomptée. Toutefois, leur performance environnementale peut être sensiblement améliorée par une modification relativement mineure de certaines parties d'équipement et surtout par une amélioration des méthodes traditionnelles de dragage.
- Les dragues pneumatiques et de conception spéciale, bien que performantes au plan environnemental, présentent généralement un rendement relativement modeste, sont peu disponibles et peu fiables, tant selon l'expérience américaine qu'européenne. La recherche actuelle dans le

domaine des dragues pneumatiques et de conception spéciale est très dynamique, et leur développement est à surveiller.

L'expérience européenne a pour sa part démontré que les performances techniques, économiques et environnementales des équipements de dragage peuvent être davantage améliorées par un meilleur contrôle à bord de la drague, du fonctionnement de toutes les pièces d'équipement et de la position de la tête de la drague. Des outils informatiques et des logiciels de contrôle sont maintenant disponibles sur le marché permettant à l'aide d'écrans visuels, d'optimiser le rendement de la drague, par un meilleur suivi en continu de toutes les étapes de production.

Pour les promoteurs de projets de dragage et pour les compagnies de dragage, ces nouveaux outils sont intéressants pour minimiser les coûts de dragage, assurer une excavation à la profondeur voulue et éviter le surdragage avec toutes les conséquences qui en découlent au plan économique et environnemental.

6.2 Recommandations

- L'étude des travaux de dragage effectués sur le fleuve Saint-laurent a démontré que cette activité a un caractère permanent et qu'elle devra continuer d'être menée sur une base annuelle.
- Il est nécessaire d'organiser un programme séquentiel de contrôle des activités de dragage dans toutes les zones où les ressources fauniques et benthiques sont susceptibles d'être affectées par la remise en suspension des solides.
- L'entretien permanent, l'amélioration des équipements et méthodes de dragage passe par l'assurance d'un volume suffisant de contrats annuels pour les compagnies privées.

- Toute activité de dragage et du contrôle environnemental devrait être basée sur des nouveaux critères permettant d'évaluer la qualité et le degré de pollution des sédiments, ainsi que les niveaux maximum de turbidité ou de matières en suspension acceptables en aval.

Pour avoir force d'application ces critères devront probablement être inscrits dans un Règlement spécifique. Une entente fédérale-provinciale sera probablement nécessaire pour obtenir une approche semblable dans le traitement des projets situés au confinement de ces deux juridictions. Des propositions spécifiques reliées à ce point sont élaborées à l'annexe "H" au présent rapport.

- Dans le cas où le dragage sera réalisé dans des sédiments contaminés, le contrôle technique du ministère des Travaux Publics doit être complété par un contrôle et un suivi environnemental supervisés par Environnement Canada. Dans tous les cas, le promoteur devra utiliser les services d'une firme indépendante pour assurer un suivi continu et qualifié. Eventuellement, Environnement Canada pourra veiller à ce que les suivis environnementaux soient réalisés systématiquement dans tous les projets. Cela permettra de vérifier l'efficacité environnementale des mesures prises et d'assurer une amélioration continue de l'équipement et méthodes de dragage.
- L'amélioration des équipements et méthodes de dragage passe aussi par la rédaction de devis complets, bien préparés qui tiennent compte de la dimension environnementale au même titre que celles techniques et économiques. Le ministère doit décrire clairement le travail à exécuter, bien définir ce qui sera acceptable au niveau des équipements et des appareils de contrôle. Il doit veiller à ce que les

entrepreneurs respectent les normes à l'aide d'un contrôle attentif et compétent.

Il est impératif de donner aux entrepreneurs le temps requis pour faire les modifications aux équipements existants ou pour fabriquer ou acquérir les nouveaux appareils qui pourraient être nécessaires durant les travaux de dragage, surtout dans les sédiments contaminés.

Cela permettra aux entrepreneurs de faire appel à la technologie étrangère, au besoin, et de mieux former leurs équipes pour ce genre de travail.

Si l'attribution des contrats à plus long terme n'est pas possible, le délai entre l'attribution des contrats et le début des travaux devra être d'au moins quelque six (6) mois. Ainsi les contrats pourraient être attribués au début de l'automne, pour une exécution des travaux au printemps de l'année suivante.

On peut envisager la possibilité de diviser le fleuve en secteurs et d'attribuer chacun d'eux, par soumission, à une compagnie de dragage pour 4 ou 5 ans par exemple. Cette approche paraît d'autant plus réalisable que la Loi sur la marine marchande établit sur le fleuve trois secteurs distincts, les "eaux intérieures du Canada", les "eaux secondaires du Canada" et les "eaux de cabotages du Canada".

Comme les exigences de la Loi sont spécifiques pour chaque secteur, au niveau des brevets du personnel, des équipements de sauvetage etc... il est évident que cela peut affecter en fin de compte le coût des opérations de dragage.

- Comme pour les Etats-Unis et dans la plupart des pays d'Europe, l'ensemble des travaux de dragage devrait normalement revenir à l'entreprise privée.

La privatisation complète et l'attribution des contrats à longue durée permettra aux entrepreneurs des travaux de dragage d'acquérir les équipements nécessaires pour un travail efficace et d'avoir un gage de sécurité pour l'amortissement des coûts d'achat et d'opération de ces équipements. Sans ces changements, toute amélioration dans la dotation actuelle est difficile et les retards technologiques actuels risquent davantage de s'accroître. De plus, la privatisation permettrait aux compagnies, ayant l'assurance d'une activité constante, d'exporter leur compétence et leur équipements à travers le monde.

- Même en cédant l'exécution directe des travaux de dragage, le rôle du ministère des Travaux Publics reste essentiel. En effet, le ministère sera en mesure de concentrer ses efforts pour une dotation très efficace destinée à contrôler en permanence la bathymétrie du fleuve à tous les endroits sensibles. Il sera appelé à conseiller les autres intervenants comme Pêches et Océans Canada, Ports Nationaux etc..., d'établir les priorités dans les interventions et tout en demeurant responsable de l'attribution des contrats de dragage.
- Il apparaît important que le Centre St-Laurent maintienne les contacts et les échanges d'informations amenées dans la présente étude avec les organismes et agences spécialisées. Par exemple, aux Etats-Unis, l'EPA et l'"U.S. Army Corps of Engineers" et le "Center for Dredging Studies Texas, A et M University", "Texas Engineers Equipment Station", et en Europe, avec les organismes belges et hollandais.

Ces échanges pourraient se faire par la transmission de part et d'autre des rapports ou bilans annuels, des études spécifiques, des visites, ou en organisant des colloques spécialisés regroupant les divers intervenants (promoteurs, compagnies de dragage, ministères responsables de la protection de l'environnement, etc...)

Un colloque ou un séminaire international, en plus d'être un outil mutuel d'information et de promotion de l'importance de la dimension environnementale dans les projets de dragage, permettrait aux différentes parties d'exprimer leurs exigences, les contraintes de réalisation, de se tenir à jour sur l'évolution technologique etc...

Il est à espérer que la méthodologie et la grille de sélection d'équipements de dragage qui a été présentée conformément au mandat d'étude, permettra l'utilisation plus judicieuse de l'équipement actuel. Les auteurs de la présente étude ne croient pas nécessaire, du moins pour le moment, l'achat de nouveaux équipements surtout pour des dragages dans les sédiments propres.

Advenant la nécessité d'acheter de nouveaux équipements, l'achat et l'expérimentation pourrait se faire par le ministère des Travaux publics Canada dans le cadre d'un projet de recherche en collaboration avec le Centre St-Laurent. Si l'expérience est positive et concluante, le nouvel équipement pourrait être revendu dans des conditions avantageuses à l'entreprise privée.

7.0 GLOSSAIRE

Absorption:	Pénétration d'une substance à l'intérieur d'une autre.
Adsorption:	Rétention d'une substance à la surface d'un solide.
Automoteur:	Autopropulsé ("self-propelled")
Bathymétrie:	Mesures des fond d'un plan d'eau destinées à dresser des cartes des reliefs sous-marins.
Benthos:	Petits organismes aquatiques vivant au fond d'un cours d'eau (vers mollusques, insectes, crustacés).
Bioessais:	Détermination de la teneur d'un élément nécessaire pour affecter un organisme-témoin dans des conditions particulières (test biologique).
Boues:	Matières solides précipitées et produites par le traitement des eaux usées.
Chaland:	Barge ("scow")
Conduite:	Tuyau servant au déchargement ou à l'aspiration ("pipeline", "suction pipe")

- Contaminant:** (Polluant) Matière solide, liquide ou gazeuse, micro-organisme, son, chaleur, odeur ou toute combinaison de l'un ou l'autre, susceptible d'altérer de quelque manière, la qualité de l'environnement (Loi de la qualité de l'environnement, Menviq).
- Contrainte:** Composante environnementale économique ou technique qui nuit ou gêne la réalisation d'un projet de façon optimale.
- Crépine:** bec d'aspiration, bec d'élinde ("suction head").
- DBO₅:** Demande biolochimique en oxygène. Quantité d'oxygène utilisée pour l'oxydation biochimique des matières organiques, en 5 jours, à 20°C, en milieu aérobie.
- Désagrégateur:** ("cutter")
- Drague à benne preneuse:** ("grab, clamshell")
- Drague à flèche:** Drague munie d'un support pour le tuyau de déversement ("boom dredge").
- Drague à godets:** ("bucket dredge")
- Drague à cuiller:** ("dipper dredge", "power shover dredge")

Page inexistante dans le document numérisé

Fraie:	Ensemble des actes de la reproduction lors du rassemblement des sexes et de leurs parades; période de l'année où a lieu la reproduction ("spawning").
Frayère:	Endroit où les poissons déposent leurs oeufs.
Limon:	Vase ("silt").
Mesure de mitigation:	Mesure visant à atténuer ou à diminuer les impacts potentiels d'un projet sur l'environnement.
Sédiment:	Dépôt de fond.
Suivi environnemental:	Action d'examiner si les travaux réalisés sont conformes aux recommandations de l'étude d'impact et à ce qui apparaît aux plans et devis, le tout en référence aux autorisations émises.
Surverse:	Débordement ("overflow").
Turbulence:	Agitation

