

## ANNEXE B : MODIFICATION À LA TECHNIQUE DE DRAGAGE D'ENTRETIEN

---

### 2.4 Variantes du dragage d'entretien et de gestion des sédiments

La sédimentation dans la marina de Rivière-du-Loup provient des matières en suspension présentes dans les eaux entrant dans le bassin à chaque marée haute. Comparée aux conditions naturelles observées à l'extérieur de la marina, la faible agitation à cet endroit permet le dépôt d'une partie des matières en suspension. Une fois déposées sur le fond, les particules fines se lient aux autres particules déjà en place et ne sont plus remises en suspension par les faibles courants présents dans le bassin.

Compte tenu des caractéristiques du régime sédimentaire qui prévaut dans ce secteur du fleuve, la marina de Rivière-du-Loup agit comme une trappe à sédiments. Le taux de sédimentation dans le bassin de la marina varie entre 0,50 (Troude et Ouellet, 1987) et 0,92 m/année (Jean Bédard, comm. pers. 2010). Dans le but de maintenir des conditions de navigation acceptables et d'atteindre les objectifs du projet à long terme, des dragages d'entretien devront être réalisés sur une base annuelle. Sur la base du taux de sédimentation moyen de la marina (0,70 m/an) (GCL, 2008a), de la superficie de cette dernière (13 000 m<sup>2</sup>) et de la profondeur à conserver pour maintenir la navigation (-2 m), le volume de sédiments à draguer annuellement est estimé à environ 10 000 m<sup>3</sup>. [Selon le dernier relevé bathymétrique réalisé en avril 2012 et présenté à l'annexe A et une évaluation des volumes à draguer au cours des prochains dix ans \(plan décennal de dragage\), le volume annuel moyen sera d'environ 11,650 m<sup>3</sup>.](#)

Deux variantes de dragage d'entretien ont été analysées soit :

- Un dragage ~~plus~~ conventionnel à l'aide d'une drague mécanique et un rejet en eau libre, comme mode de disposition des matériaux, telle que la variante retenue pour le dragage initial;
- Un dragage hydraulique à faible débit avec un point de rejet permettant une reprise en charge rapide des matériaux par le système fluvial.

Le coût annuel moyen du dragage d'entretien au quai du traversier selon la méthode actuelle (utilisation d'une drague mécanique à benne preneuse conventionnelle et disposition des matériaux dragués au site de mise en dépôt) totaliserait approximativement 222 564,00 \$ (17 jours x 13 092 \$). Sur la base de ces données, il en résulte un coût moyen de 10,61 \$/m<sup>3</sup> pour le

volume annuel moyen (222 564 \$/20 980 m<sup>3</sup>) (Procéan Environnement Inc., 2008a). Ce montant n'inclut pas le coût des études environnementales et des bathymétries requises avant et après dragage et n'est pas actualisé pour la période de 2012-2022. Selon ces informations, le coût du dragage d'entretien de la marina s'élèverait à environ 100 000 \$ annuellement. Comme le dragage d'entretien sera à la charge du Club nautique, le dragage mécanique de la marina n'est-ne fut pas envisagé au départ comme une alternative économiquement viable.

Compte tenu de ces coûts et des budgets limités du Club nautique, la méthode de dragage hydraulique à faible débit avait d'abord été retenue. Les coûts relatifs à ce mode de dragage sont-étaient estimés à 40 000\$/an, excluant les coûts associés à l'achat des équipements (comm. pers. Jean Bédard, 2011).

### Description de la méthode retenue de dragage hydraulique à faible débit

La méthode retenue de dragage hydraulique à faible débit pour effectuer le dragage d'entretien est basée sur celle présentement utilisée au port de refuge de Saint-Laurent-de-l'Île d'Orléans. De façon générale, le dragage est effectué à l'aide d'une pompe hydraulique montée sur une structure de bois (photos 8 et 9). La drague hydraulique est une pompe aspirante-refoulante qui utilise l'eau pour transporter les sédiments dragués jusqu'au point de rejet. Les sédiments sont aspirés et rejetés dans l'environnement à l'aide d'une conduite de 15 cm de diamètre. Le point de dragage est au niveau de la tête aspirante de la pompe et le mélange eau-sédiment est refoulé dans une conduite où la turbulence maintient les sédiments en suspension et empêche tout blocage par sédimentation. Les conditions d'opération normales prévoient un mélange composé de 20% de solides et de 80% d'eau. Dans des conditions optimales, la pompe hydraulique dont la puissance doit être limitée à 20 hp peut refouler 5,3 kg de solides/s. En pratique, cette capacité est bien inférieure quand on tient compte du temps requis pour déplacer l'équipement le long des transects de dragage, relever et déplacer la pompe elle-même sur le pont roulant, corriger les blocages occasionnels, déplacer les conduites dans le bassin, etc. En fait, la capacité réelle sera-aurait été probablement de l'ordre de 3,5-4,0 kg/s. L'utilisation d'une pompe hydraulique sans tête désintégratrice est-prévua été évaluée pour le dragage d'entretien de la marina de Rivière-du-Loup, puisque les matériaux récemment déposés présenteront une faible cohésion. L'absence de la tête désintégratrice permettrait de limiter efficacement les remises en suspension à l'intérieur de

la marina. Ce dragage d'entretien ~~sera~~ aurait été effectué entre la mi-avril et la fin novembre.

~~Les détails de cette méthode sont présentés à la section 3.1.1.2.~~

~~Les principaux avantages de cette variante sont :~~

- ~~• Un dragage d'entretien à un coût plus abordable pour le Club nautique;~~
- ~~• Un dragage plus ciblé, sur des surfaces plus restreintes (secteurs plus problématiques);~~
- ~~• Une méthode appropriée pour des dragages de faible volume;~~
- ~~• Une méthode efficace pour le dragage de sédiments non consolidés.~~



**Photo 8** Port de refuge de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans - équipement utilisé



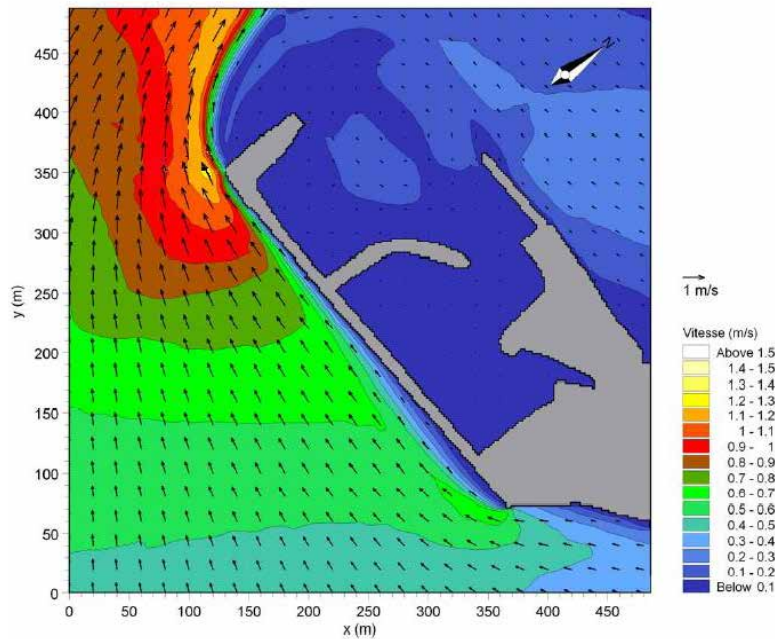
**Photo 9** Port de refuge de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans - montage de la pompe hydraulique

En ce qui a trait au site de rejet, le dragage hydraulique permet de contrôler les périodes de rejet ainsi que la position précise du point de rejet à choisir pour ne pas affecter de zones sensibles. Les caractéristiques du site de rejet doivent, entre autres, favoriser la dispersion rapide des sédiments en suspension, afin de limiter les impacts sur les habitats et les composantes fauniques du milieu récepteur. Sur le plan physique, les critères de sélection du site de rejet comprennent la dilution et la dispersion des matériaux dragués. Plus la dispersion est importante, plus le retour aux conditions normales du milieu s'effectue rapidement.

### Choix du site de rejet des sédiments dragués par pompage hydraulique

Trois sites potentiels pour le rejet des sédiments dragués ~~ont~~ avaient été sélectionnés et analysés, en fonction des conditions hydrodynamiques favorisant une dispersion efficace des sédiments vers le large. Le choix du site ~~doit~~ devait également permettre d'éviter la sédimentation près de l'embouchure de la marina ou le retour, dans la marina, des matériaux rejetés lors de la marée montante. À cet effet, le rejet des sédiments se serait ~~effectuer~~ essentiellement lors de la marée descendante. Les conditions hydrodynamiques prévalant pendant cette période auraient, ~~permettent~~ également d'éviter un retour des sédiments vers la rivière du Loup, protégeant ainsi la frayère à éperlan arc-en-ciel située dans sa partie amont.

Ces trois sites sont illustrés à la [figure -2.3](#) et superposés aux champs de vitesses de courants de jusant, obtenus par modélisation numérique<sup>1</sup> en conditions de vives eaux (GCL, 2008a). Dans le cadre de la présente analyse, les résultats de modélisation numérique ont été extraits pour un cycle complet de marée de mortes-eaux et un cycle complet de marée de vives-eaux, fournissant ainsi la gamme complète des vitesses à prévoir sur le site. Comme il s'agit de résultats de modélisation bidimensionnelle, les vitesses simulées représentent des vitesses moyennes de l'écoulement (moyenne calculée sur la verticale). ~~Les figures 2.4 et 2.5 présentent respectivement une modélisation des vitesses maximales pour le jusant et pour le flot, en conditions de vives et de mortes-eaux. Les flèches indiquent l'intensité et la direction des courants dans le secteur du quai.~~



**Figure 2.3.4: Champ des vitesses maximales des courants de jusant en vives-eaux et sites de rejet des sédiments pompés**

<sup>1</sup> La modélisation numérique a été effectuée à l'aide du logiciel MIKE 21, une suite logicielle professionnelle de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développée par DHI Water & Environment.

Après une analyse détaillée de cette alternative au dragage mécanique conventionnel, cette alternative a été rejetée malgré ses avantages économiques et certains avantages techniques reliés à sa petite échelle. Les principaux problèmes reliés à cette alternative étaient :

- La distance de pompage entre le point de dragage et le point de rejet pouvant atteindre plus de 300 m nécessitant des stations de pompage intermédiaires;
- L'impossibilité de déplacer le volume de sédiments prévu au programme d'entretien (11 650 m<sup>3</sup> X 1,6 t/m<sup>3</sup>) en restreignant le pompage aux périodes de jusant (4-5 heures/j) en considérant la capacité réelle de l'équipement hydraulique utilisé (évaluée à 3,5 – 4.0 kg/s, voir plus haut);
- L'acquisition et la mise en opération des équipements ainsi que la formation du personnel;
- La possibilité d'affecter la qualité de l'eau et de l'habitat à l'embouchure de la rivière et particulièrement le secteur de fraie d'éperlan;
- L'entrave à la navigation à l'intérieur de la marina et au pourtour du quai.

Compte tenu des problèmes reliés au dragage hydraulique à faible débit, le dragage mécanique conventionnel avec une benne preneuse et un rejet en eau libre a été retenu pour le dragage d'entretien.

~~Le premier site potentiel pour le rejet des sédiments est localisé du côté ouest du quai brise-lames, au large de l'embouchure de la rivière du Loup (Figure Erreur! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..1, site #1). La vitesse des courants de jusant à cet emplacement est relativement élevée (de l'ordre de 0,5 m/s). Les courants formés par l'écoulement de la rivière rejoignent les courants de jusant et atteignent des vitesses de 0,6 à 0,8 m/s à la tête du quai. Ces courants se dirigent ensuite vers le large. Les sédiments rejetés à cet emplacement seraient pris en charge par les courants en direction de la tête du quai brise-lames. Toutefois, l'effet de la rivière sur les courants le long du quai brise-lames n'est pas connu et il n'est pas évident que le matériel rejeté à ce site serait efficacement repris en charge par les courants et dispersé vers le large. Ce site de rejet n'est donc pas retenu.~~

Quant au deuxième site potentiel (Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..1, site # 2), il est localisé du côté est du quai du traversier. Ce site est caractérisé par des vitesses de courants de l'ordre de 0,3 m/s, autour du quai, et par la présence d'une cellule de circulation favorisant le transport des sédiments vers l'embouchure du port. En effet, la direction des flèches au jusant indiquent que les courants longent le quai du traversier et remontent pour atteindre l'embouchure du port et de la marina. Les sédiments rejetés à cet emplacement emprunteront possiblement cette cellule et se retrouveront éventuellement à nouveau dans le port et dans la marina. Ce site de rejet n'est donc pas retenu.

Le troisième site potentiel pour le rejet des sédiments (Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..1, site # 3) est localisé à la tête du quai brise-lames, à l'ouest de l'embouchure du port de Rivière-du-Loup. Ce site est caractérisé par des courants de jusant pouvant atteindre des vitesses  $> 1,0$  m/s. Les vitesses maximales au jusant sont obtenues dans une bande de vitesses située à une distance d'environ 40 m du quai en vives eaux, et 30 m en mortes eaux (Figures 2.4 et 2.5 respectivement). De plus, l'examen des champs des vitesses montre que les courants ont tendance à se concentrer dans une veine principale d'écoulement d'une largeur d'environ 30 m, lorsqu'ils contournent le quai. Le panache de turbidité formé par le rejet du matériel serait compris dans cette veine de courants concentrés.

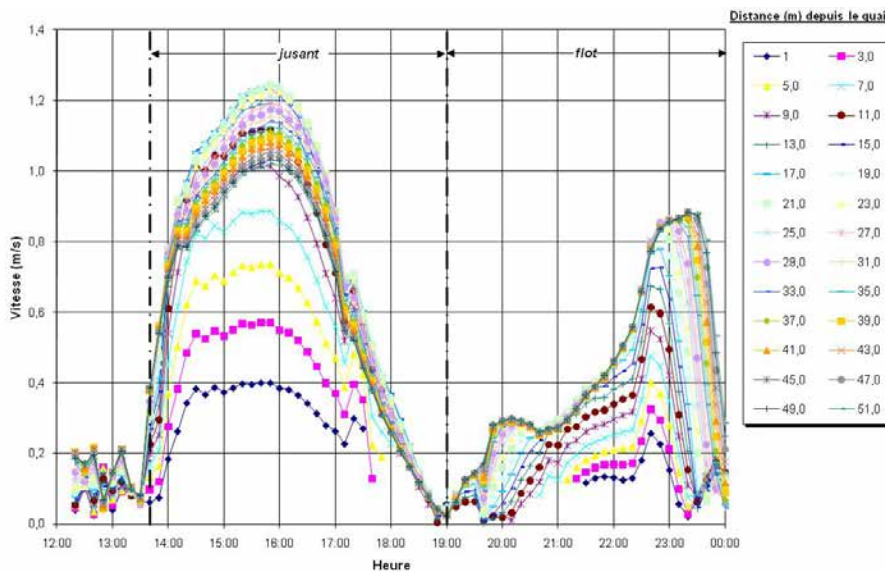


Figure 2.4 : Vitesses au droit du quai brise-lames, en marée de vives eaux, au jusant (à gauche) et au flot (à droite)

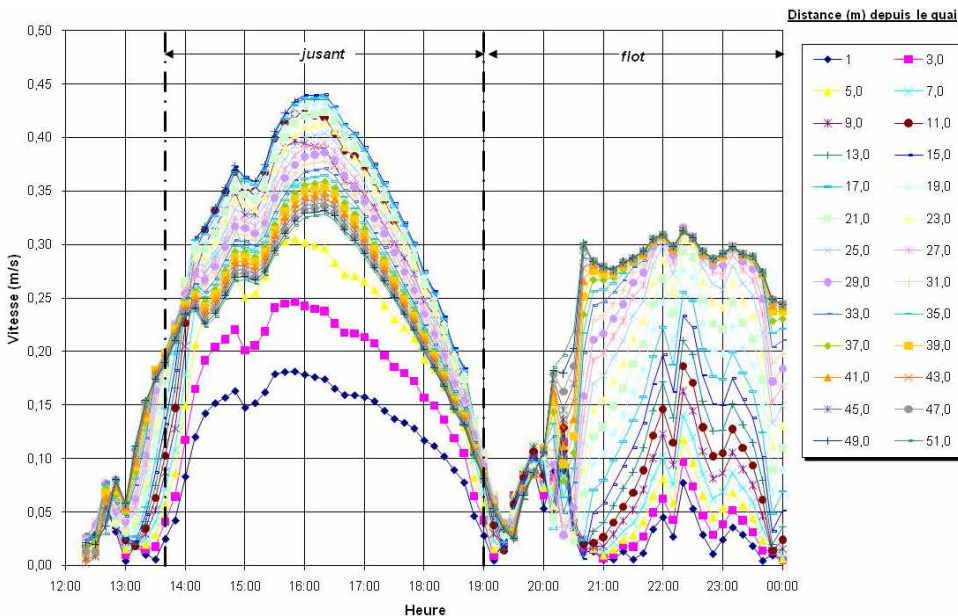


Figure 2.5 : Vitesses au droit du quai brise-lames, en marée de mortes-eaux, au jusant (à gauche) et au flot (à droite)

Les courants modélisés montrent le potentiel dispersif à cet emplacement. Au niveau du point de rejet, les sédiments sont repris en charge rapidement par les courants et transportés à l'extérieur du système « embouchure port-marina ». La direction des courants modélisés, indiquée par les flèches, suggère une dispersion efficace des matériaux de dragage vers le large.

Cette direction, couplée aux vitesses de courants, suggère que les sédiments seront dispersés à l'extérieur du port et de la marina. Par conséquent, ce site est retenu pour le rejet des sédiments dragués (dragage d'entretien). Il est important de noter que dans certains cas, les sédiments fins pourraient revenir vers la rive, si des courants les transportaient dans cette direction. Dans la zone d'influence des courants à la position choisie pour le site de rejet, les courants de marée ne sont pas dirigés vers la rive. Le choix du site de rejet est effectué en considérant que durant la totalité du cycle de marée, les matériaux dragués ne risquent pas de revenir vers le rivage.

Le point de rejet sera situé à environ 30 à 40 mètres, légèrement à l'ouest du quai brise-lames. Cette position se situe en dehors de la zone d'influence des rives. De plus, les conditions physiques de ce point de rejet ne correspondent pas aux caractéristiques préférentielles de l'habitat des larves d'éperlan arc-en-ciel (zone de courants trop élevés) évitant ainsi les effets négatifs sur cette espèce. La position et la profondeur de la conduite de rejet seront déterminées de façon à assurer la sécurité de la navigation des

Mis en forme : Police :11 pt, Couleur de police : Couleur personnalisée(RVB(0;70;133))



~~petites embarcations et des opérations du service du traversier. À cet effet, une bathymétrie du secteur sera effectuée par la Société des traversiers du Québec, au printemps 2011, afin de préciser la position du site de rejet. Dans la mesure du possible, une bouée d'avertissement (jaune) avec réflecteur radar et feux de navigation sera installée, dans le but d'assurer la sécurité maritime et de protéger la conduite.~~

### 3.1 Volet maritime

Le bassin de la marina de Rivière-du-Loup sera réaménagé de façon à augmenter le nombre de places à quai disponibles pour les embarcations de plaisance. La capacité d'accueil de la marina passera donc de 40 places (actuellement) à 72 places, via la relocalisation de la rampe de mise à l'eau et l'optimisation des espaces disponibles, permettant ainsi de maximiser l'utilisation du bassin. De plus, un dragage initial du bassin est prévu afin de permettre l'accès à la marina en tout temps. Des dragages d'entretien annuels sont prévus dans le cadre du projet. Le plan d'aménagement est présenté à l'Annexe D (plan 6/7).

Les principales activités reliées aux travaux maritimes sont détaillées aux sous-sections suivantes.

#### 3.1.1 Dragage des sédiments de la marina et rejet en eau libre

##### 3.1.1.1 Dragage initial

La marina est principalement fréquentée par des navigateurs transitant vers Québec et Rimouski et également par des navigateurs locaux (de la région). Présentement, la marina de Rivière-du-Loup peut accueillir 40 bateaux. De plus, deux sociétés offrant des croisières pendant la saison estivale utilisent la marina pour l'entreposage de leurs bateaux. Les opérations de la marina se déroulent, de façon générale, de la fin mai au début octobre.

Dans le but de redonner une profondeur d'eau permettant de fréquenter la marina en tout temps, un premier dragage de capitalisation doit être effectué. Ce dragage serait réalisé à l'automne 2012, entre la mi-septembre et la fin octobre. Les sédiments de la marina doivent être dragués jusqu'à la cote - 2 m, à l'intérieur du bassin dans la partie de plaisance et à -3 m dans la partie commerciale située à l'entrée de la marina pour assurer une profondeur d'eau suffisante pour les activités de navigation.

~~Le Les plan 3/7 cartes et figures de l'Annexe l'annexe D-A localise l'aire les surfaces de dragage. La superficie et le volume des matériaux à draguer sont respectivement de, 40-78012 172 m<sup>2</sup> et 37-00044 990 m<sup>3</sup>. Le volume est évalué en fonction des relevés bathymétriques de 2009, effectués par la firme Normand Juneau inc 2012 présentés à l'annexe A.~~

Les travaux de dragage seront exécutés à l'aide d'une drague à benne preneuse munie d'un godet hydraulique, d'un remorqueur et de deux chalands (marie-salope). Le taux de productivité moyen pour ce type d'équipement est habituellement d'environ 1 600 m<sup>3</sup> par jour (comm. pers. Louis-Pierre Dorval, Océan Construction Inc.). Un horaire de travail de 24 heures par jour et de sept jours par semaine est prévu. En fonction de cet horaire de travail et considérant la période ciblée (automne), trois à quatre semaines seront nécessaires pour réaliser ce dragage.

L'aire de rejet en eau libre est située au nord du quai du traversier et sera utilisée pour la disposition des matériaux dragués à la marina de Rivière-du-Loup. La partie centrale de cette aire est à environ 3,2 km du site de dragage. La profondeur, à l'intérieur de cette dernière, varie entre 5 et 10 m à marée basse. ~~La Erreur ! Source du renvoi introuvable. présente la localisation de l'aire de rejet.~~ Les coordonnées de ce site autorisé pour la mise en dépôt des sédiments sont les suivantes :

47° 51.7' N	69° 34.6' O
47° 52.0' N	69° 35.5' O
47° 53.3' N	69° 34.5' O
47° 53.1' N	69° 33.7' O

Cette aire de rejet en eau libre est principalement utilisée pour les dragages annuels au quai du traversier de Rivière-du-Loup. Compte tenu que ce site est subdivisé en plusieurs quadrilatères d'une dimension de 400 m X 400 m et que la Société des traversiers du Québec (STQ) y dépose des sédiments depuis l'an 2000, les coordonnées précises du site de mise en dépôt (quadrilatère) compris à l'intérieur de cette aire de rejet seront fournies par la STQ, une fois leur dragage de 2012 effectué.

Le transport et le dépôt en eau libre des matériaux dragués s'effectueront à l'aide de deux chalands dirigés par des remorqueurs. L'opération la plus fonctionnelle est celle qui permet d'obtenir un temps de remplissage de barges équivalent à celui du déversement en eau libre, afin d'éviter les pertes de temps dans les opérations.

Ainsi, pendant que la drague procède au remplissage d'une seconde barge, le remorqueur effectue un aller-retour au site de dépôt avec une première barge chargée de sédiments. Au retour, il amarre la barge vide à la drague et repart avec la seconde barge qui a été remplie pendant ce temps. Dans ces conditions, l'opération de la drague est effectuée en continu. Selon Océan Construction inc., le temps moyen de chargement d'une barge de 150 m<sup>3</sup> est d'environ deux heures. Quant au temps de transport pour acheminer les matériaux au site de déversement, il dépend du trajet utilisé, de la vitesse moyenne de déplacement des barges (environ 5 nœuds ou 2,5 m/s) et de la durée moyenne des phases de marée montante (6 heures) et descendante (6 heures). Dans des conditions idéales, où les courants et les vents seraient nuls, un aller-retour entre le site de dragage et le centre du site de déversement nécessiterait environ une heure. Le temps total requis pourrait être rallongé substantiellement en raison de deux contraintes additionnelles, soit d'abord la difficulté de déplacer les lourds équipements dans le périmètre restreint du bassin intérieur de la marina et ensuite, considérant la cote visée (-2m) et le tirant d'eau de la drague elle-même (>2 m dans le cas de Groupe Océan), les opérations seront limitées à des fenêtres durant lesquelles le niveau de la marée permettra le déplacement de l'équipement vers les secteurs à draguer.

Conséquemment, le nombre de barges (aller-retour) qui seront transportées au site de dépôt par durée de 24 heures sera en moyenne de 10 ou 12. Cependant, le nombre de voyages maximum atteint 20 à 24 allers-retours par jour lorsque les travaux se réalisent dans des conditions optimales.

### 3.1.1.2 Dragage d'entretien

Un dragage d'entretien sur une base annuelle sera requis afin de maintenir une profondeur d'eau à -3m dans la partie extérieure commerciale et à - 2 m dans la partie intérieure dite de plaisance. Le taux moyen de sédimentation dans le bassin est estimé à 0,70 m/an (GCL, 2008a). Compte tenu de la superficie à maintenir, le volume de sédiments à draguer est estimé d'environ à environ 10 000 m<sup>3</sup>/a. Ce volume est approximatif puisqu'aucun suivi bathymétrique annuel ne permet d'appuyer cet estimé. De plus des variations interannuelles du régime sédimentaire peuvent faire en sorte que l'accumulation des sédiments varie d'une année à l'autre. La méthode sélectionnée pour effectuer le dragage d'entretien est basée sur celle présentement utilisée au port de refuge de Saint-Laurent de l'île d'Orléans la même que celle utilisée pour le dragage initial. Il s'agit d'un dragage

~~hydraulique à faible débit mécanique avec une benne preneuse avec un rejet en eau libre au site de rejet situé à environ 3,2 km du site de dragage et utilisé pour le dragage de la STQ.~~

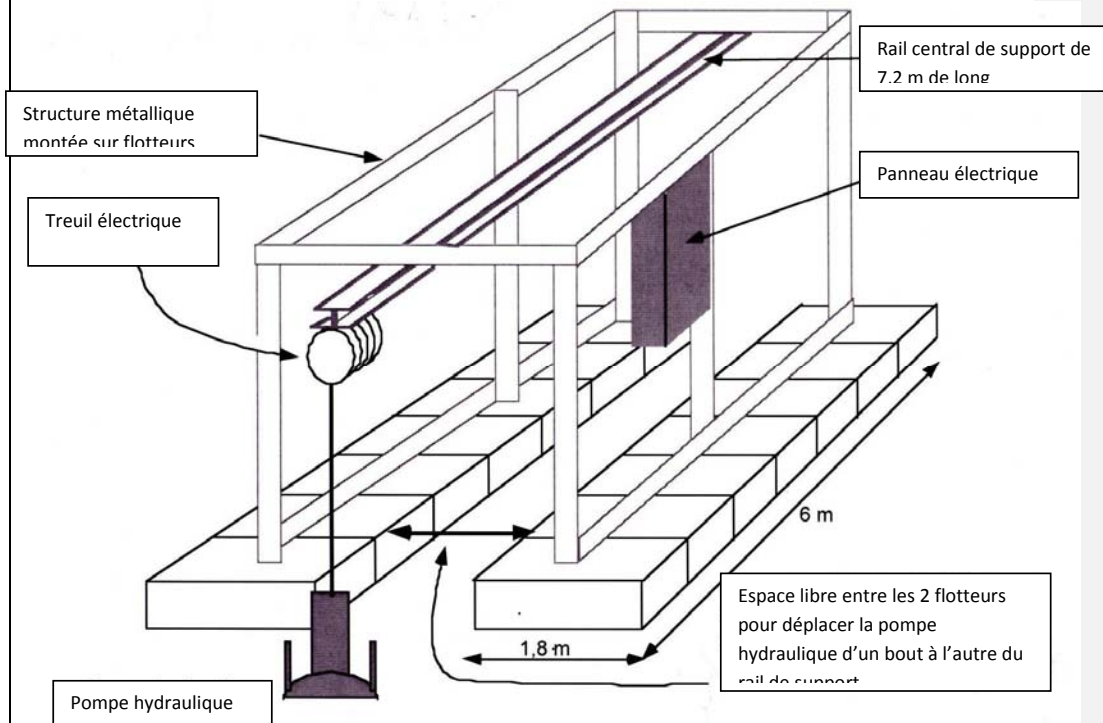
~~Ce dragage sera effectué entre la mi-avril et la fin novembre généralement après les travaux de dragage du quai de traversiers de la STQ soit en juin et/ou juillet. Compte tenu de l'absence de quais flottants à l'intérieur de la marina en début de saison, la partie centrale du bassin de la marina sera draguée en priorité. Le dragage des autres secteurs s'effectuera par la suite. Puisque la marina sera en opération durant les travaux, il est possible que le dragage des autres secteurs nécessite le déplacement de certains quais flottants et de s bateaux. Le tableau suivant présente la répartition des volumes et l'échéancier de réalisation des dragages au cours des prochaines dix années. Dans le cadre de ce projet, le rejet des sédiments dragués par pompage hydraulique ne sera pas effectué lors de la marée montante, afin d'éviter le retour des sédiments dans la marina à l'étape de marée et lors de la marée descendante suivante. Le dragage d'entretien sera réalisé seulement à marée descendante.~~

<u>Année</u>	<u>Volume (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Période</u>	<u>Durée</u>
<u>1</u>	<u>44 990</u>	<u>Automne</u>	<u>4-5 semaines</u>
<u>2 à 9</u>	<u>5 000</u>	<u>Juin-juillet</u>	<u>3-4 jours</u>
<u>10</u>	<u>31 500</u>	<u>Automne</u>	<u>3-4 semaines</u>

~~Une pompe hydraulique d'une capacité de 20 HP sera utilisée. Cette pompe sera installée sur une structure en bois montée sur des flotteurs (Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**..2). La profondeur du dragage sera contrôlée par la hauteur du treuil fixée sur cette structure. La structure sera déplacée manuellement, de façon à draguer l'ensemble du bassin de la marina. La pompe sera alimentée en électricité (600 volts) par un branchement qui sera localisé près des installations de services de la marina.~~

~~Les données fournies par le port de refuge de Saint-Laurent de l'île d'Orléans, révèlent que le dragage hydraulique de faible débit retenu pour faire les travaux permet de limiter efficacement les remises en suspension à l'intérieur du port. Le débit maximum de dragage serait de 5 kg/s, ce qui représente un débit de dragage d'environ 15 m<sup>3</sup> de sédiments par heure. Considérant le volume à draguer et le débit de dragage, la réalisation des travaux nécessiterait près de 700 heures.~~

Les sédiments pompés seront refoulés dans une conduite de 15 cm de diamètre. Cette conduite sera maintenue à la surface du bassin par des flotteurs pour rejoindre le point de rejet, situé à environ 30 – 40 m au large du quai brise-lames. L'extrémité de la conduite sera maintenue près du fond (1 m du fond). Le champ des vitesses modélisées au pourtour des quais indique que les vitesses des courants au jusant offrent un potentiel de dispersion efficace, vers l'aval, des sédiments rejetés à cet emplacement (réf. section, 2.4.1). À des fins de sécurité maritime, une bande réfléchissante jaune sera installée sur la conduite. Dans la mesure du possible, une bouée d'avertissement (jaune) avec réflecteur radar et feux de navigation sera installée, dans le but d'assurer la sécurité maritime et de protéger la conduite.



Source : Club nautique de l'île Bacchus inc.

Figure ~~Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..2~~ :  
Installation prévue pour le dragage d'entretien