

NOTE TECHNIQUE

Client :	Société des traversiers du Québec		
Projet :	Dragage au port de Rivière-du-Loup	Référence WSP :	CA0009072.3441
Objet :	Protocole de modélisation – Mise en dépôt	Date :	27 juin 2024
Destinataire :	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs		
c. c. :	Jean-Philippe Roy		

Dans le cadre de son programme décennal de dragage et d'entretien au quai de Rivière-du-Loup, la Société des traversiers du Québec (STQ) se doit de tenir certains engagements pris auprès, entre autres, du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Parmi ces engagements, on compte la nécessité de réaliser une nouvelle modélisation des conditions de dispersion du panache de sédiments généré par le clapage des matériaux dragués.

- La nouvelle modélisation¹ vise à intégrer certains changements, dont la nature plus grossière des matériaux excavés et le déplacement de la période de dragage de l'été à l'automne.
- De plus, la modélisation devra comprendre des simulations de l'évolution morphologique des fonds dans la zone de dépôts.

La requête du MELCCFP est exprimée à la question QC-3 soumise à la STQ le 9 novembre 2022.

Cette note technique présente les principales prémisses de modélisation et les paramètres qui serviront d'intrants. Les spécifications finales seront présentées dans la version finale du protocole de modélisation, qui sera soumis avec la demande d'autorisation.

Les résultats devraient nous permettre d'émettre des recommandations, entre autres, sur la stratégie de mise en dépôt (plan de mise en dépôt en fonction de la granulométrie, hauteur maximale des accumulations, etc.), de développer un plan de disposition des déblais et une stratégie de clapage pour éviter les accumulations trop importantes plus sujettes à l'érosion et la mise en dépôt des matériaux grossiers sur le pourtour de la zone de dépôt pour contenir la dispersion des sédiments grâce au merlon, en plus de recouvrir les dépôts fins par du matériel plus grossier.

¹ Selon l'information disponible, la 1^{ère} modélisation aurait été réalisée par GCL (2008) - *Étude sur le dragage d'entretien et les modes de dispersion des sédiments dragués*.

1 Préparation du modèle

1.1 Modèle numérique de terrain

La préparation du modèle requiert la création du modèle numérique de terrain à partir des données bathymétriques. La modélisation hydraulique nécessite d'imposer, aux limites amont et aval du domaine modélisé, les variations de niveau d'eau dues à la marée. Le domaine doit être suffisamment étendu pour avoir une différence significative du signal de marée entre l'amont et l'aval, pour permettre que les champs de vitesse aux limites n'influencent pas la zone d'intérêt (les équations de calculs soient stabilisées) ainsi que pour couvrir la portée du phénomène modélisé. Les limites du domaine sont présentées à la figure 1. Le maillage sera large sur la majeure partie du domaine pour limiter le temps de calcul, tout en étant plus serré dans la zone d'intérêt pour obtenir une meilleure résolution des résultats. A priori, la taille du maillage variera entre 500 m et 5 m.

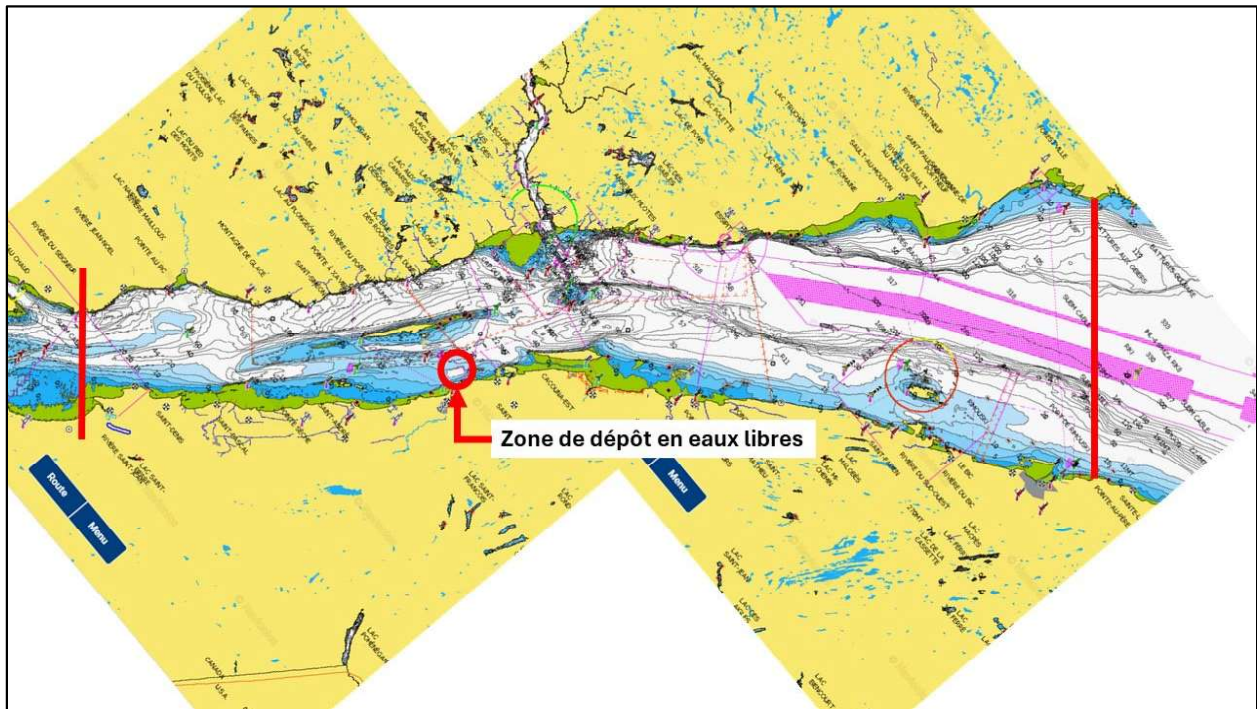


Figure 1 **Domaine du modèle numérique**

Les données bathymétriques comprendront celles fournies par le Service hydrographique du Canada (SHC; cartes n^{os} 1234, 1235 et 1236), mises à jour avec les données bathymétriques haute résolution de la STQ qui proviendront du relevé multifaisceaux prévu à l'été 2024 sur la zone de dépôt.

La bathymétrie sera ajustée pour l'élévation de référence correspondant au niveau moyen des mers (NMM) plutôt qu'au zéro des cartes (ZC).

1.2 Nature du substrat

L'élaboration du modèle hydraulique requiert d'imposer un coefficient de frottement au fond. Ce coefficient est fonction de la nature et de la rugosité du substrat.

L'information sur l'ensemble du domaine proviendra des cartes de substrat générées par Anglejan et Brisebois (1978) et mise à jour par Pinet et al. (2023). Le niveau de détail sur l'ensemble du modèle est moins important que sur la zone d'intérêt. Les données qui seront récoltées durant l'été 2024 dans le cadre du programme de caractérisation du benthos seront mises à profit pour compléter la cartographie du substrat. Là où l'information sera absente, un coefficient de Manning de 0,025 sera appliqué.

1.3 Niveaux d'eau

La variation des niveaux d'eau et des courants simulée par le modèle numérique est induite par l'imposition des niveaux de marée aux limites amont (Pointe-aux-Orignaux) et aval (Pointe-au-Père) du domaine. Les courbes de marée seront établies à partir des données des tables des marées et courants du SHC.

A priori, l'ensemble des simulations sera réalisé sans tenir compte du débit fluvial du Saint-Laurent. En effet, le débit fluvial moyen du Saint-Laurent est de l'ordre de 12 000 m³/s à l'amont du secteur modélisé, alors que les débits de marée maximums sont de dix fois plus importants, même en conditions de mortes-eaux.

1.4 Autres paramètres hydrauliques

1.4.1 Viscosité turbulente

A priori, la viscosité turbulente sera fixée à 0,3 m²/s. La variation de ce paramètre induit dans les écoulements, notamment, une plus ou moins grande tendance à former des zones de décollement et des courants de retour.

Le modèle sera ajusté en considérant les niveaux d'eau anticipés aux limites du domaine et validé à partir des données courantométriques qui seront disponibles. A priori, des données courantométriques ont été récoltées au site de dépôt à l'été 2005 (durée de deux semaines).

La pertinence d'utiliser une modélisation 3D sera évaluée à partir de la revue des données disponibles sur la stratification de la colonne d'eau en fonction de la salinité et du profil des courants. A priori, compte tenu des faibles profondeurs, une modélisation 2D semble appropriée.

— Le cas échéant, on recommandera une campagne de mesure complémentaire² qui pourra se faire durant l'été 2024.

1.4.2 Conditions MetOcean

Une étude antérieure (GCL, 2008) a permis de déterminer que les vagues générées par le vent avaient peu d'influence sur la force des courants et l'érosion des sédiments. L'effet des vagues ne sera donc pas considéré.

Cependant, le vent peut exercer une influence sur les courants de surface et la dispersion du panache, en particulier pour la fraction fine qui se disperse en surface. Les conditions météo seront obtenues d'une station d'Environnement Canada située au plus près de zone d'intérêt (p. ex. Rivière-du-Loup : 7056616). Les données moyennes, sur une période suffisamment longue pour représenter des conditions représentatives, seront calculées pour générer une chronique de la vitesse et direction du vent durant la période de dragage. La durée de la chronique correspondra à la durée de la période de clapage, estimée à six semaines.

² Le cas échéant et si requis, la campagne de mesure permettra d'obtenir des vitesses à différents endroits de la zone de dépôt et des environs avec l'intention d'obtenir des résultats en conditions de tempête.

2 Modélisation

L'étude de modélisation sera réalisée à l'aide des logiciels Delft3D ou Telemaq. Le logiciel qui permet de mieux intégrer les conditions du milieu sera choisi. L'approche comprend d'établir le champ de vitesses selon la variation de la marée (composante hydraulique), l'injection des sédiments et la dispersion du panache, incluant la sédimentation des particules en suspension issues du panache et leur remise en suspension, le cas échéant. Cela sera fait avec les modules Delft3D FLOW et PART.

L'évolution à long terme du dépôt de masse se fera avec le module Delft3D-MOR. Le module fonctionne à l'aide de boucles de rétroaction morphodynamiques qui sous-tendent la dynamique à long terme et la stabilisation du substrat. Évidemment, la durée de la simulation sera différente et plus longue que celle appliquée pour la dispersion du panache. Celle-ci sera confirmée plus tard, mais sera de l'ordre d'un mois pour commencer. Dans l'étude de GCL (2006), ceux-ci avaient déterminé que l'érosion du dépôt de masse se faisait rapidement et durant les premières semaines.

2.1 Panache de turbidité

La fonction source, qui permet d'établir la quantité de particules à injecter en fonction de la profondeur, sera établie en considérant la composition granulométrique moyenne des sédiments qui seront excavés. L'objectif est de simuler un rejet selon les paramètres de clapage normaux (durée du clapage, vitesse de la barge, etc.) qui seront fournis.

Le point d'injection pourra être fixe ou pourra varier sur la cellule. Le choix définitif sera fait en fonction des informations qui seront fournies concernant la manière dont la mise en dépôt s'effectue. Cela aura peu d'influence sur le panache turbide, mais pourrait être significatif pour l'évolution morphodynamique du site.

Les résultats seront présentés sous la forme d'une distribution pour l'ensemble de la période de clapage et d'une distribution moyenne (géométrique) pour des périodes de six heures. Des stations seront positionnées dans l'axe amont-aval du panache, à 100 m et 300 m du point de clapage, pour présenter la chronique des variations de la concentration des MES (moyenne sur la colonne d'eau, surface et fond).

2.2 Évaluation morphologique

L'évolution morphodynamique du site sera évaluée sur une période d'un mois. Cette période sera confirmée après avoir fait une revue de la littérature des études spécifiques au dragage de Rivière-du-Loup, mais aussi de la littérature scientifique sur la dynamique sédimentaire dans cette région de l'estuaire.

Les résultats seront présentés sous la forme de cartes bathymétriques montrant l'évolution de la zone de dépôt et de carte de comparaison pour estimer les volumes de sédimentation/érosion. Des sections bathymétriques pourront aussi être générées en superposant les profils simulés sur le profil bathymétrique initial.

Les résultats relatifs à l'évolution morphologique du substrat seront comparés aux résultats de l'analyse géomorphologiques à partir de la comparaison des bathymétries successives. Cette analyse sera qualitative, dans la mesure où les périodes entre les bathymétries successives diffèrent entre les quadrats annuels.

3 Intrants

Les intrants suivants sont requis :

- Spécifications des travaux de dragage :
 - Plan de mise en dépôt sur une cellule (la mise en dépôt est-elle organisée ou bien aléatoire);
 - Cycle de clapage (nombre de barges, durée des rotations, durée du relargage);
 - Cédule des travaux (24/7 ou autre).
- Données bathymétriques du SHC pour le modèle numérique de terrain régional;
- Données bathymétriques détaillées de la zone de dépôt (campagne 2024);
- Données MetOcean (vitesse des courants, distribution de la salinité en fonction de la colonne d'eau, vitesse et direction du vent);
- Granulométrie des sédiments excavés;
- Nature des sédiments pour l'ensemble du domaine modélisé et granulométrie des sédiments de la zone de dépôt (campagne 2024);
- Il sera opportun d'obtenir, si elles sont disponibles, des données sur la stratigraphie des sédiments dans la zone de dépôt.
 - En effet, à la lecture des différents rapports disponibles, il semble que l'érosion différentielle du dépôt de masse (érosion de la fraction fine, laissant une fraction résiduelle grossière) pourrait créer une couche protectrice qui limite éventuellement l'érosion du dépôt.
 - Le cas échéant, un échantillonnage des sédiments par carottage sera proposé
- Description du cycle de dépôt (nombre de barges, durée de transit, durée de la mise en dépôt, cédule quotidienne de travail) et spécifications du clapage (volume de la barge, % de remplissage, % de solide).

4 Scénario

Un seul scénario est prévu pour la simulation de la dispersion du panache des MES. La durée de la simulation correspondra à celle d'un dragage type, a priori 6 semaines réalisé en automne. La simulation est limitée au panache généré au site de mis en dépôt. Le panache généré au site de dragage n'est pas simulé. La durée de la simulation permettra de simuler un cycle synodique complet de la marée (vives-eaux à mortes-eaux).

Un seul scénario est prévu pour la simulation de l'évolution morphodynamique du site de dépôt. Les paramètres de la simulation de l'évolution morphodynamique du site seront confirmés après une revue détaillée des informations disponibles. A priori, la durée est établie à un mois.

PRÉPARÉ PAR

Stéphane Lorrain, M. Sc. Océanographie
Océanographe

RÉVISÉ PAR



Mélanie Lévesque, M. Sc. Océanographie
Biologiste

27 juin 2024

Date