

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Société des traversiers du Québec
PROJET :	Dragage annuel autour du quai de Rivière-du-Loup
Réf. WSP :	CA0009072.3441
OBJET :	Protocole de caractérisation du transport sédimentaire
DATE :	23 mai 2024
DESTINATAIRE :	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
C.C. :	Société des traversiers du Québec

1 Mise en contexte

Dans le cadre de son programme décennal de dragage et d'entretien au quai de Rivière-du-Loup et à la suite des différents échanges avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), la Société des traversiers du Québec (STQ) s'est engagée à caractériser le transport sédimentaire sur le fond marin au site de mise en dépôt et en périphérie de celui-ci, afin d'établir l'effet régional du rejet en eau libre des déblais de dragage. L'approche proposée repose sur une étude descriptive des conditions hydrosédimentaires au site de dépôt sur la base des données hydrographiques disponibles (STQ, SHC).

2 Méthodologie

L'étape préalable à cette étude comprend l'inventaire complet des données bathymétriques historiques disponibles, tant celles mesurées au sonar monofaisceau que celles mesurées au sonar multifaisceaux.

- Les ensembles de données monofaisceau pourront être utilisés pour comparer les surfaces bathymétriques, en autant que la résolution des données soit adéquate.
- Les ensembles de données multifaisceaux serviront à établir les surfaces bathymétriques, mais l'imagerie acoustique du substrat que fournissent les sondes multifaisceaux sera mise à profit pour permettre l'identification des structures sédimentaires et l'interprétation du contexte hydrosédimentaire de la zone d'étude.
 - La densité des données multifaisceaux permet de créer des images acoustiques du substrat. L'analyse portera principalement sur l'interprétation des formes et structures sédimentaires pour décrire le processus de transport des sédiments de fond.

Un programme complémentaire de relevés bathymétriques multifaisceaux est proposé pour obtenir des données récentes et détaillées sur l'ensemble de la zone de dépôt. Des relevés bathymétriques successifs sur certaines cellules seront aussi effectués pour décrire les variations d'élévation à court terme à la suite du dépôt des déblais de dragage. La comparaison saisonnière ou pluriannuelle des surfaces bathymétriques permettra de décrire les variations temporelles de l'élévation du fond en fonction des activités de rejets en eau libre et des courants de marée.

L'estimation du volume sédimentaire transportée dans la charge de fond pourra être évaluée en calculant le bilan sédimentaire, en comparant les modèles numériques du terrain (MNT) successifs. La résolution de cet estimé dépendra de la fréquence des relevés successifs pour la cellule 2023.

2.1 Revue de la littérature et compilation des données bathymétriques

L'étude sera complétée par une revue de la littérature pour situer la zone d'étude dans le cadre régional quant à la nature du substrat et de la dynamique sédimentaire régionale. L'hypothèse de base de cette étude est à l'effet que le site de dépôt est de nature dispersive. En effet, la force des courants est telle que l'estuaire moyen du Saint-Laurent n'est pas reconnu comme étant un site d'accumulation et ne semble pas permettre le dépôt de sédiments fins localement de façon permanente, à l'exception des secteurs protégés principalement localisés en zone côtière, tels que les baies ou les battures peu profondes, qui peuvent séquestrer une partie des sédiments fins en transit. Certaines constructions humaines le long de la rive causent également une dynamique sédimentaire différente à des endroits bien précis, comme le démontre la problématique de l'envasement au quai de la STQ à Rivière-du-Loup ainsi qu'à la marina adjacente. La zone de dépôt n'est pas située dans un secteur protégé. La quasi-totalité des sédiments fins en suspension est donc graduellement lessivée vers l'estuaire maritime et le golfe. Ainsi, les fonds de l'estuaire moyen sont généralement composés de matériau grossier (sables et graviers), d'argile affleurante d'origine glaciomarine ou du socle rocheux affleurant, mais on y retrouve très peu de sédiments récents.

La revue de la littérature portera sur les travaux de caractérisation du substrat et de la courantométrie (mesure et modélisation hydraulique) dans l'estuaire moyen et sur la zone de dépôt. Elle inclura aussi les données de caractérisation benthique. Les indices de communauté et la composition spécifique du benthos peuvent permettre de qualifier la dynamique du milieu (un fond mobile est moins propice à une communauté riche et diversifiée). Les données historiques seront complétées par la campagne de caractérisation prévue en 2024, lorsqu'elles seront disponibles.

L'ensemble des données bathymétriques récoltées sur la zone de dépôt par la STQ seront répertoriées. La qualité et la résolution des données seront évaluées pour déterminer la portée de l'analyse temporelle. Les données bathymétriques de haute résolution du SHC seront aussi obtenues. Il semble en effet que la zone de dépôt a été couverte en 2007 par un relevé multifaisceaux presque complet. Il semble aussi que des données de moins haute résolution sont disponibles autour de la zone de dépôt, ce qui permettra de bien camper le contexte géomorphologique régional, le cas échéant. La compilation des données historiques permettra ainsi de mieux délimiter la portée de l'étude, en considérant la résolution en ce qui a trait tant à l'imagerie acoustique des fonds qu'à la résolution temporelle pour décrire les changements bathymétriques observés.

2.2 Programme complémentaire de relevé bathymétrique

2.2.1 Relevé complet

Un relevé complet de la zone de dépôt sera effectué en 2024 pour permettre la description récente du contexte géomorphologique à partir de l'imagerie acoustique. La cartographie de 2024 sera comparée à celle de 2007 pour faire ressortir les changements qui se sont produits dans les 17 dernières années.

La couverture du relevé comprendra la totalité de la zone de dépôt augmentée d'une bande de 250 m de part et d'autre et de 500 m à l'amont et à l'aval (figure 1). La couverture est plus large à l'amont et à l'aval compte tenu de la direction dominante des courants¹. De plus, cela permettra de se raccorder à la bathymétrie haute résolution du SHC à l'aval.

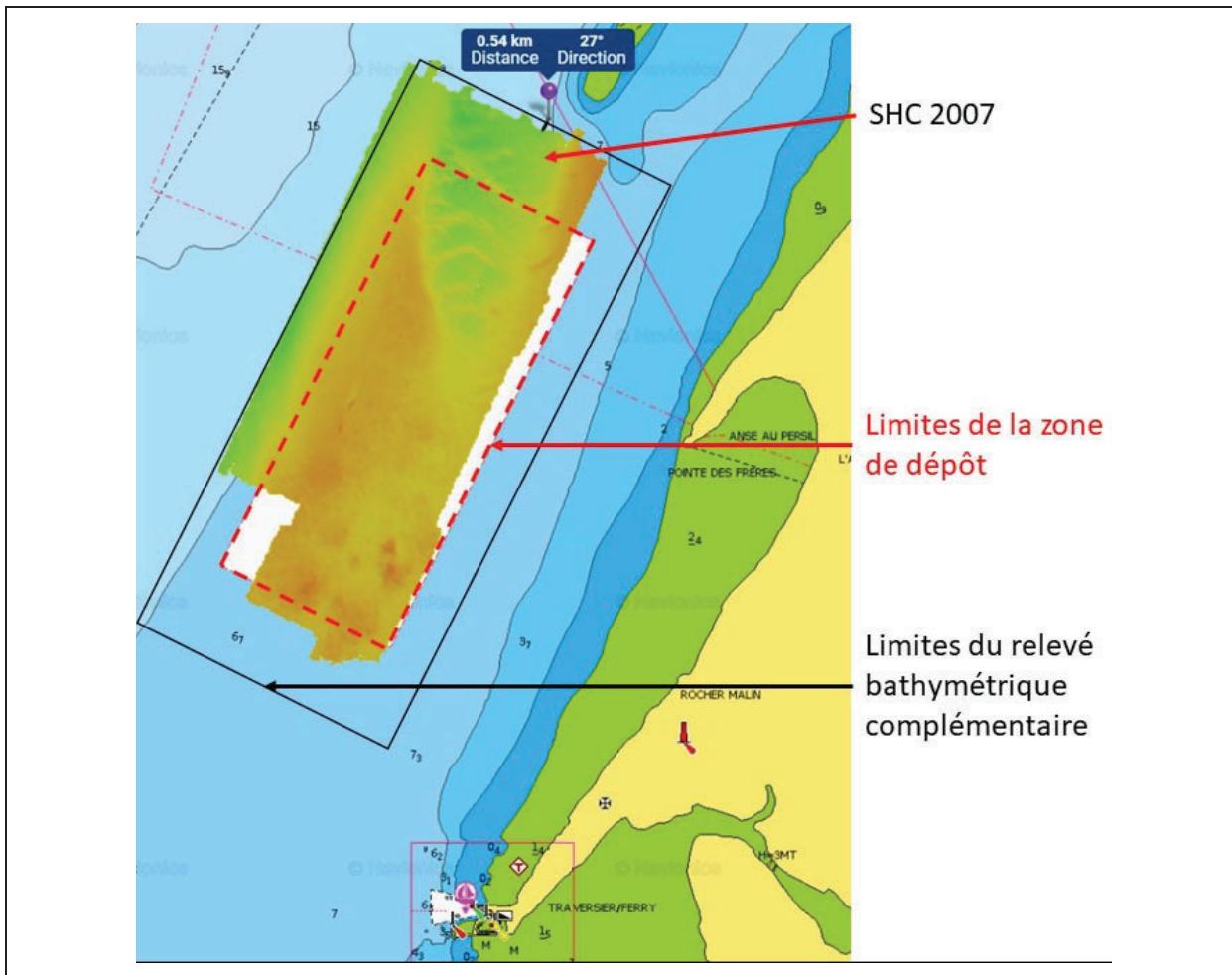


Figure 1 Localisation de la zone de dépôt et de la couverture du relevé bathymétrique complet

2.2.2 Relevé répétitif d'une cellule de dépôt

Le relevé bathymétrique répétitif couvrira uniquement la cellule de rejet de l'année 2023, soit une superficie de 25 hectares (ha) (400 m x 400 m; figure 2). Aucune bande tampon n'est requise compte tenu qu'un relevé complet sera réalisé. L'imagerie acoustique tirée des données de bathymétries récoltées le 21 septembre 2023 (avant dragage et mise en dépôt) est présentée à la figure 3. Les périodes prévues pour la suite de ce relevé répétitif sont présentées au tableau 1. À noter que le relevé répétitif d'une cellule de dépôt ne sera fait que pour la cellule 2023, aux dates indiquées plus bas.

¹ Les limites définitives de la zone à relever seront confirmées après avoir consulté les données hydrographiques disponibles.

Tableau 1 Période prévue pour les relevés de la cellule 2023 et de la cellule témoin

Relevé	Période	Date approximative	Bathymétrie au site témoin
T0	Avant les travaux 2023	21 septembre 2023	
T1	Directement après la crue 2024	30 juin 2024	X
T2	2 mois après la crue 2024	30 août 2024	X
T3	4 mois après la crue 2024	30 octobre 2024	X

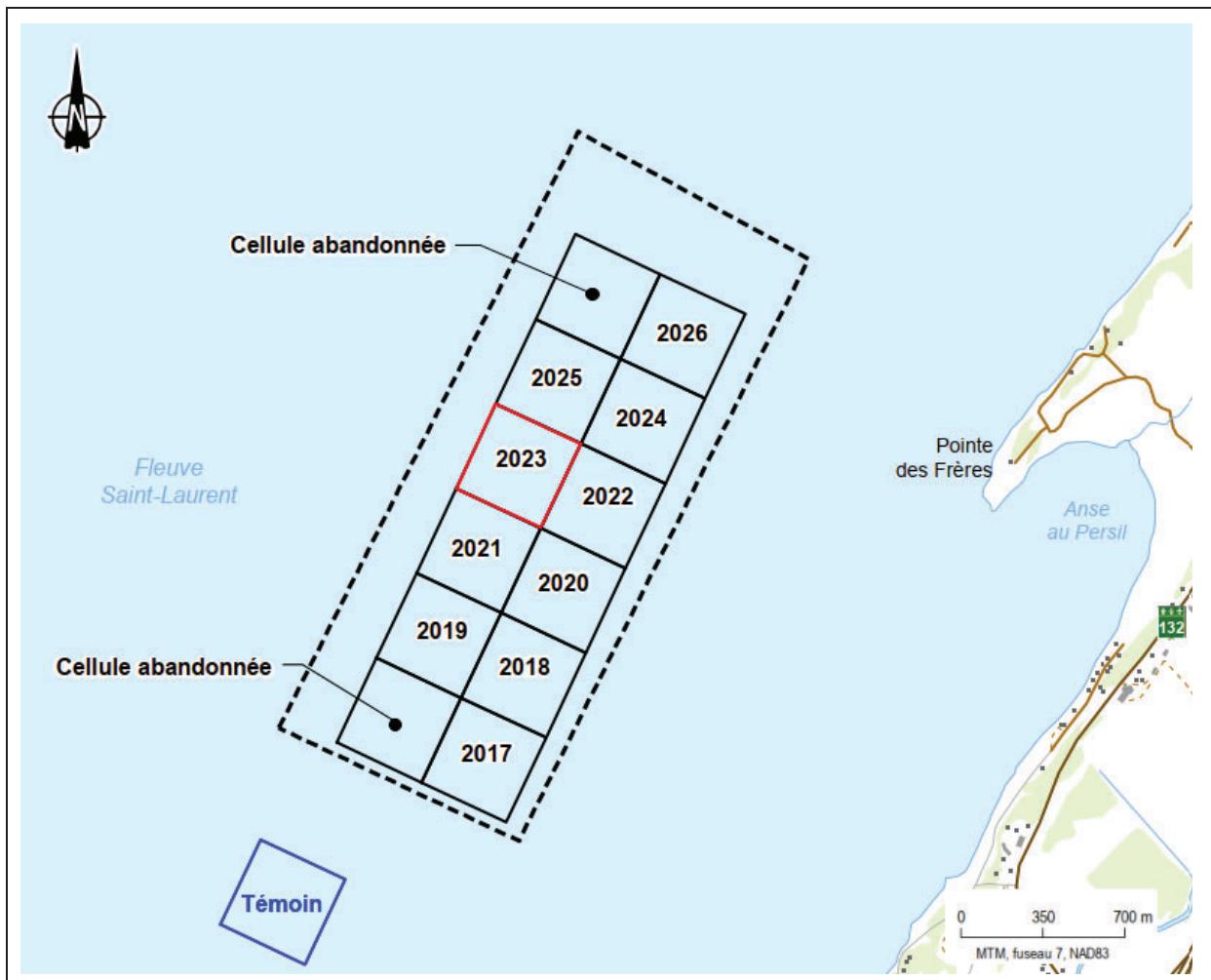


Figure 2 Localisation des cellules de mise en dépôt et celle proposée pour le relevé répétitif (rouge), limites du site de disposition (ligne pointillée noire) et possibilité de localisation du site témoin (bleu : localisation approximative)

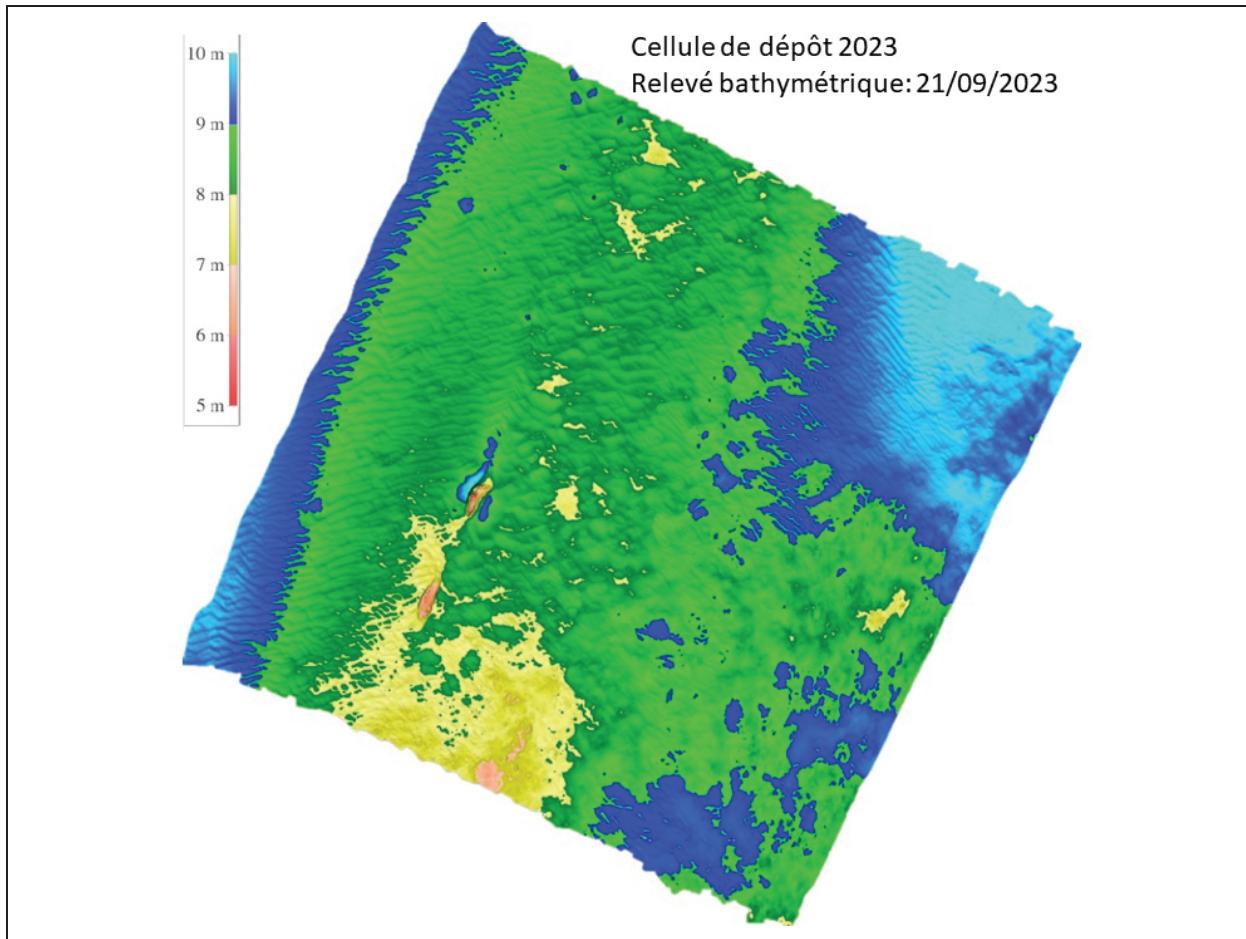


Figure 3 Représentation du relevé bathymétrique de la cellule de dépôt 2023 (21/09/2023) sous la forme d'une image de relief ombrée. Le relief ondulé correspond probablement à un champ de vagues de sable.

2.2.3 *Site témoin*

Un site témoin sera également ajouté aux différents relevés. La localisation exacte de ce site n'est pas déterminée encore, mais sera en amont du site complet de rejet. Les informations tirées de la revue de littérature et de la compilation des données bathymétriques existantes permettra de déterminer le meilleur endroit pour le site témoin.

2.2.4 *Période des relevés bathymétriques*

Dans un premier temps, le relevé bathymétrique complet (comprenant la cellule de dépôt 2023) sera réalisé en 2024.

Les travaux de dragage s'effectuent chaque année entre le 20 septembre et environ le 20 octobre, dépendamment des conditions météorologiques et des cétacés présents sur les lieux des travaux.

Le relevé bathymétrique de la cellule 2023 réalisé le 21 septembre 2023 avant le dragage (T0) sera comparé au relevé du printemps 2024 (T1, après dépôt)², afin d'identifier les différences entre le volume excavé et le volume rejeté (% retrouvé quelques mois après). Deux relevés seront réalisés à deux mois d'intervalle, afin d'actualiser le volume de sédiment restant au site de rejet.

2.3 Méthode

2.3.1 Bathymétrie

Les relevés bathymétriques seront réalisés à l'aide des mêmes équipements pour toutes les campagnes.

Les levés bathymétriques seront réalisés avec un sonar multifaisceaux et les spécifications du relevé devront être supérieures aux spécifications de l'ordre exclusif, tel que défini par la norme S-44 de l'Organisation hydrographique internationale (OHI, 2020) ou par le Service hydrographique du Canada (SHC, 2021). Les normes de l'ordre exclusif sont³ :

- Précision horizontale supérieure à 1 m;
- Précision pour les profondeurs réduites de $\pm\sqrt{[0.15^2 + (0.0075*d)^2]}$, où « d » est la profondeur en mètre;
- Capacité de détecter un objet d'un volume d'au moins 0,125 m³ ($> 0,5 \times 0,5 \times 0,5$ m).

Les relevés multifaisceaux seront réalisés avec un recouvrement entre les fauchées successives de 100 %. Le relevé devra couvrir toute la bande de profondeurs de la zone à relever.

Avant d'entreprendre le levé, un « *patch test* »⁴ devra être réalisé pour déterminer tous biais résiduels et corrections devant être appliqués. Un second *patch test* doit être effectué à la fin du levé pour confirmer que les paramètres n'ont pas été modifiés pendant l'acquisition de données. En cas de modification majeure apportée au système lors du levé, un autre *patch test* devra être effectué.

La vitesse de propagation du son dans la colonne d'eau doit être mesurée au minimum 1 fois l'heure ou au besoin, entre autres en présence de conditions frontales ou de stratification de la colonne d'eau.

Des lignes de vérifications seront réalisées pour confirmer la précision du positionnement, de la profondeur et d'autres corrections. Ces lignes doivent être effectuées de manière à croiser perpendiculairement les lignes de sondage. L'espacement entre les lignes de vérification doit permettre un contrôle efficace et complet des lignes principales. Le SHC recommande un intervalle entre les profils de vérification au maximum 15 fois supérieur à celui entre les lignes principales.

2.3.2 Caractérisation de la nature des fonds

Les relevés bathymétriques doivent aussi permettre d'identifier les changements dans la nature des fonds, à partir de l'intensité du signal de retour (« *backscatter* »).

² Le relevé après le dépôt du dragage de 2023 n'a pas pu être réalisé à l'automne 2023 à cause des conditions météorologiques.

³ Les normes détaillent les critères de performance minimums devant être atteints. Compte tenu que l'objectif de l'étude en est un d'analyse détaillée des structures sédimentaires, la précision recherchée doit être supérieure par un facteur de 2 à 3 à la précision de l'ordre exclusif.

⁴ Un « *patch test* » est effectué en réalisant un relevé sur un fond dont l'élévation varie à répétition et dans des directions différentes. Les données sont ensuite traitées pour valider les écarts (« *offset* ») des instruments.

Les données seront traitées avec un outil informatique (Geocoder ou similaire) afin de convertir ces données dans un format GSF, de corriger ces données (si possible) pour la puissance initiale du signal, la forme des faisceaux acoustiques, le gain, la superficie insonifiée, l'atténuation due à la profondeur et à la salinité de la colonne d'eau et la pente locale, puis d'analyser et d'afficher ces données dans une mosaïque géoréférencée.

Les résultats seront catalogués avec les données disponibles sur la granulométrie des sédiments (données antérieures et celles à venir avec le programme de caractérisation benthique), afin de supporter l'interprétation. Le cas échéant, les fiches de description des échantillons devront permettre la description qualitative des sédiments de manière suffisamment détaillée pour permettre d'établir un lien avec l'intensité du signal de retour.

Les paramètres du sondeur ne doivent pas être modifiés en cours de relevé puisqu'une force de retour différente, associée à une modification de l'intensité du son, pourrait fausser les résultats.

2.3.3 Mesures des variables de support

Durant toute la durée du programme de suivi, l'équipe de relevé s'assurera de collecter les données horaires suivantes :

- Données hydrologiques (niveau d'eau) à proximité du site;
- Données météorologiques (vent : vitesse et direction) à proximité du site.

Les données météorologiques doivent être collectées localement, comme à la station météorologique installée au port en période d'opération.

Les données devront être conservées en format numérique et synchronisées quant au fuseau horaire utilisé pour les différentes mesures.

3 Traitement des données et livrables

Les données bathymétriques multifaisceaux corrigées (nuage de points) seront interpolées sur une grille équidistante d'au plus 0,3 X 0,3 m. Ces données serviront à produire les MNT à différentes résolutions. Ceux-ci seront présentés sous la forme de cartes avec isolignes, d'images du relief ombragé ou de rendus 3-D. Ces différents produits serviront à créer une carte interprétative de la géomorphologie des fonds et de la nature du substrat pour l'ensemble de la zone de dépôt ou de la zone couverte par le relevé bathymétrique intégral. Cette carte sera produite à partir des données hydrographiques du relevé 2007 réalisé par le SHC ainsi que pour le relevé 2024 produit dans le cadre de cette étude. Les différentes structures seront identifiées et les zones où elles se trouvent délimitées. Des coupes 2D seront réalisées pour déterminer certains paramètres descriptifs (longueur d'onde, amplitude et directions des dunes, hauteur des buttes, présence de sillon d'érosion, d'affouillement, chenaux d'écoulement de courant de marée, patrons des déplacements sédimentaires, etc.). L'interprétation géomorphologique devrait permettre d'identifier les limites de la dispersion des dépôts dans la mesure où le site est de nature dispersive. Un rapport intérimaire de suivi pourra être produit pour présenter les conclusions de ce volet de l'étude.

La compilation des données hydrographiques disponibles pour les différentes cellules de la zone de dépôt permettra d'établir les cellules pour lesquelles une comparaison temporelle de l'évolution des élévations est possible avant, après dépôt et à court (semaines), moyen (mois) et long terme (année).

La comparaison bathymétrique permettra de calculer les changements dans les volumes et d'extrapoler un taux de transport. Dans la mesure où les données de rétrodiffusion sont disponibles, la comparaison des différentes mosaïques devrait permettre de décrire les changements temporels de la nature du substrat. Un rapport intérimaire de suivi pourra être produit pour présenter les conclusions de ce volet de l'étude.

La version préliminaire du rapport final intégrera les conclusions des rapports de suivi et la mise en contexte du régime hydrosédimentaire obtenue à partir de la revue de la littérature sur la courantométrie ainsi que la caractérisation biologique (type d'habitat) et sédimentaire (granulométrie détaillée). Dans la mesure où la revue de la littérature nous permet d'obtenir des informations adéquates sur la courantométrie du site, la vitesse du courant de fond pourra être exprimée en fonction de la granulométrie des sédiments afin d'identifier les faciès d'écoulement dans la zone de dépôt.

Le rapport sera déposé pour validation auprès du MELCCFP à l'automne 2024 et au maximum deux mois suivant le dernier relevé bathymétrique (fin décembre 2024). Compte tenu du niveau d'effort requis pour cette étude et des délais encourus, le rapport de caractérisation du transport sédimentaire sera déposé séparément de la demande d'autorisation ministérielle pour le dragage 2024.

Le rapport final présentera des recommandations pour des compléments de mesures, si nécessaire, et formulera des mesures correctives, le cas échéant. Les conclusions et les recommandations du rapport seront discutées avec les experts du MELCCFP à la suite de l'analyse du premier rapport de suivi.

PRÉPARÉ PAR



Stéphane Lorrain, M. Sc. Environnement
Océanographe

23 mai 2024
Date



Ariane Aspirault, M. Sc. Environnement
Océanographe

23 mai 2024
Date

RÉVISÉ PAR



Mélanie Lévesque, M. Sc. Environnement
Océanographe

23 mai 2024
Date