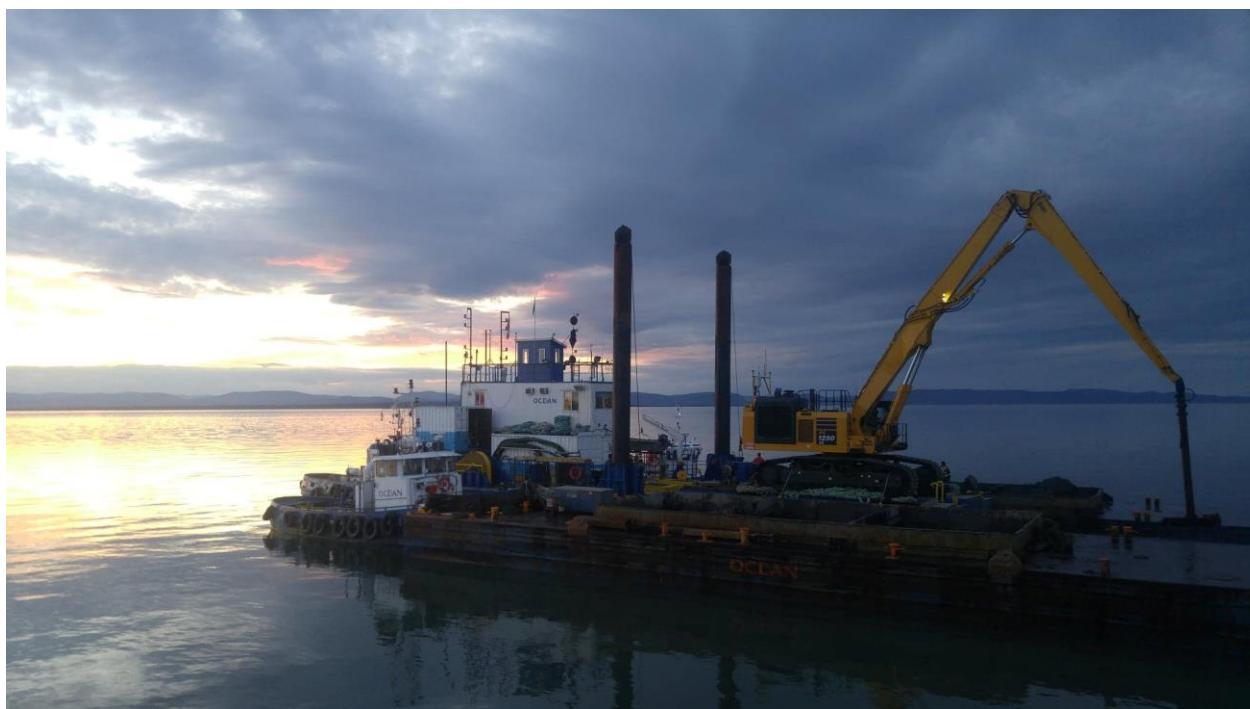


SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEURS DU QUÉBEC
PROJET N° : 201-05606-00

**PROGRAMME DÉCENNAL DE
DRAGAGE D'ENTRETIEN - QUAI DE
RIVIÈRE-DU-Loup (2022-2031) -
ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT
RÉPONSES AUX QUESTIONS ET
COMMENTAIRES DU MELCC**

FÉVRIER 2022





**PROGRAMME
DÉCENNAL DE
DRAGAGE D'ENTRETIEN
- QUAI DE RIVIÈRE-DU-
LOUP (2022-2031) -
ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT
RÉPONSES AUX
QUESTIONS ET
COMMENTAIRES DU MELCC
SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEUX DU QUÉBEC**

PROJET N° : 201-05606-00
DATE : FÉVRIER 2022

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418 624-1857
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Christine Martineau, M. Sc biologiste

APPROUVÉ PAR



Mélanie Lévesque, biologiste
M. Sc. Océanographie
Directrice de projet

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire SOCIÉTÉ DES TRAVERSERS DU QUÉBEC, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités Générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport ; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de compléter ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, tel qu'indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.

Les recommandations de conception fournies dans ce rapport s'appliquent uniquement au projet et aux zones décrites dans le texte, et uniquement si elles sont construites conformément aux détails indiqués dans le présent rapport. Les commentaires fournis dans ce rapport sur les problèmes potentiels pouvant subvenir lors de la construction et sur les différentes méthodologies possibles sont uniquement destinés à guider le concepteur. Le nombre d'emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage peut ne pas être suffisant pour évaluer l'ensemble des facteurs pouvant affecter la construction, les méthodologies et les coûts. WSP nie toute responsabilité pouvant découler de décisions ou actions prises découlant de ce rapport, sauf si WSP en est spécifiquement informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convienne à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéulation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEUX DU QUÉBEC

Directeur du service de génie Michel Lefrançois, ing.

Coordonnateur et chargé de projet Jean-Philippe Roy-Lebreux, Technicien en génie civil

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Direction de projet Christine Martineau, biologiste, M. Sc.

Assistante directrice de projet Mélanie Lévesque, biologiste, M. Sc. Océanographie

Rédaction Ariane Aspirault, biologiste, M. Sc. Océanographie
Charles-André Vachon, biologiste
Isabelle Cartier, biologiste, M. Sc.
Steeve Gamache, aménagiste, M. Env.
Nathalie Martet, Chimiste, M. Sc.
Noémie Blouin, ing. hydraulique, M. Sc.

Traitement de texte et édition Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2022. *PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE D'ENTRETIEN - QUAI DE RIVIÈRE-DU-Loup (2022-2031) - ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU MELCC. RAPPORT PRODUIT POUR SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEUX DU QUÉBEC. 32 PAGES ET ANNEXES.*

AVANT-PROPOS

Le 3 novembre 2021, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a reçu l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) préparée par WSP Canada Inc. (WSP) pour le Programme décennal de dragage d'entretien du quai de Rivière-du-Loup de la Société de traversiers du Québec (STQ). Afin de donner suite aux consultations gouvernementales sur la recevabilité de l'ÉIE, le MELCC a envoyé à WSP, le 22 décembre 2021, un document de questions et de commentaires concernant l'ÉIE.

Les questions et commentaires de ce document sont présentés intégralement **en encadré et en caractère gras** pour les distinguer aisément dans le texte des réponses qui sont fournies. Un code et un numéro sont associés à chacun des questions ou commentaires (QC-1, QC-2, etc.) ainsi qu'à chacune des réponses fournies (R-1, R-2, etc.) afin de faciliter un éventuel suivi. Enfin, les annexes supportant les réponses à chacune des questions ou des commentaires sont également numérotées en fonction des codes et numéros auxquels elles font référence (R-1, R-2, etc.).

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	I
1 MISE EN CONTEXTE DU PROJET.....	1
1.1 ANALYSE DES SOLUTIONS DE RECHANGE DU PROJET.....	1
2 DÉMARCHE D'INFORMATION ET DE CONSULTATION	3
2.1 CONSULTATIONS AUPRÈS DES PREMIÈRES NATIONS	3
3 DESCRIPTION DU MILIEU DE RÉALISATION DU PROJET	5
3.1 DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR	5
3.1.1 CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS	5
3.1.2 DESCRIPTION DES COMPOSANTES BIOLOGIQUES	8
4 ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET	17
4.1 DESCRIPTION DES IMPACTS	17
4.1.1 IMPACT SUR LES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES	17
4.1.2 IMPACT SUR LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	20
4.2 ATTÉNUATION DES IMPACTS.....	21
5 PROGRAMME PRÉLIMINAIRE DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE	25
5.1 PROGRAMME DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL	25
6 PLAN PRÉLIMINAIRE DES MESURES D'URGENCE	27
7 COMMENTAIRES GÉNÉRAUX	29
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31

TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES

- R-4 FIGURES 3-19 ET 3-20 MISES À JOUR
- R-5 DEMANDE D'INFORMATION AUPRÈS DU MFFP
- R-6 ÉTUDE DE LA RICHESSE ET DE LA BIOMASSE
DE LA FAUNE BENTHIQUE, 2005 (PROCÉAN 2006)
ÉTUDE DE LA RÉGÉNÉRATION DE LA FAUNE BENTHIQUE
AU SITE DE MISE EN DÉPÔT DES MATÉRIAUX DRAGUÉS À
RIVIÈRE-DU-LOUP, (PROCÉAN, 2008)
- R-10 COURRIEL DE M. JEAN-PASCAL FORTIN, DIRECTION DE
L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES PROJETS
HYDRIQUES ET INDUSTRIELS - MELCC, COMM. PERS. 26
JANVIER 2022
- R-12 ÉTUDE COURANTOMÉTRIQUE AU SITE DE
MISE EN DÉPÔT À RIVIÈRE-DU-LOUP
ÉTUDE SUR LE DRAGAGE D'ENTRETIEN ET LES
MODES DE DISPERSION DES SÉDIMENTS DRAGUÉS

1 MISE EN CONTEXTE DU PROJET

1.1 ANALYSE DES SOLUTIONS DE RECHANGE DU PROJET

QC-1

À la section 1.3 de l'étude d'impact, l'initiateur mentionne que la problématique de sédimentation s'accentue avec les années en raison d'une augmentation des volumes de dragage pour une même superficie. L'équipe d'analyse rappelle que l'article 46.0.1 de la LQE ainsi que les *Lignes directrices pour la conservation des habitats fauniques* (MFFP, 2015) prévoient que lorsque la conception d'un projet implique une perte de superficie d'habitat faunique, différentes options d'interventions doivent être considérées afin d'appliquer le principe d'aucune perte nette d'habitat faunique. Il est donc de la responsabilité de l'initiateur du projet de faire la démonstration que l'approche d'atténuation « éviter, minimiser, compenser » a été appliquée afin de justifier le choix de la variante retenue. Or, dans l'étude d'impact présentée, seule l'option de dragage récurrent est présentée. L'initiateur doit mentionner si d'autres options, telles que la modification des infrastructures existantes ou l'installation de nouvelles structures pouvant limiter la problématique de sédimentation dans la zone d'accostage existent et si tel est le cas, expliquer pourquoi elles n'ont pas été retenues dans l'analyse des variantes.

R-1 :

La Société des traversiers du Québec (STQ) a présentement un dossier d'opportunité qui étudie la mise en opération du navire le Saaremaa entre Charlevoix et le Bas-Saint-Laurent (Lien fluvial Bas-Saint-Laurent Charlevoix [LFBC]). Ce dossier d'opportunité évalue, entre autres, des options alternatives au site actuel de Rivière-du-Loup, étant donné la problématique de sédimentation présente dans le secteur d'étude. Toutefois, le contenu de cette étude demeure pour l'instant confidentiel jusqu'à sa publication prévue en 2023. En ce sens, la seule variante envisageable pour maintenir le service de traversier demeure le *statu quo* à court et moyen termes, soit de conserver le site de Rivière-du-Loup.

2 DÉMARCHE D'INFORMATION ET DE CONSULTATION

2.1 CONSULTATIONS AUPRÈS DES PREMIÈRES NATIONS

QC-2

L'initiateur mentionne à la section 2.1 que « le 14 septembre dernier, la STQ a donc acheminé une lettre à M. Jacques Tremblay en sa qualité de Grand Chef et membre du Grand Conseil de la Première Nation Wolastoqiyik. Dans cette lettre, le directeur du service de génie, M. Michel Lefrançois, invitait le Grand Chef à lui adresser ses questions et ses commentaires. »

L'initiateur doit détailler davantage les démarches d'information et de consultation effectuées (méthodes utilisées, objectifs poursuivis, dates et lieux des activités d'information et de consultation, nombre de participants et milieux représentés et de l'animation des activités, etc.) auprès de la Première Nation Wolastoqiyik ainsi que leurs résultats obtenus (questions reçues et réponses fournies, commentaires, préoccupations, perceptions à l'égard du projet, etc.).

R-2 :

Le 14 septembre 2021, une série de courriels a été acheminée à différents acteurs locaux. Comme mentionné à la section 2.3, ces parties prenantes sont :

- Jacques Tremblay, Grand Chef du Grand Conseil de la Première Nation Wolastoqiyik (PNWW);
- Jean Bédard, président du conseil d'administration et directeur général Société Duvetnor Ltée;
- Marilène Bergeron, gestionnaire programme – Mobilité, Équiterre;
- Robert Michaud, président et directeur des programmes de recherche du Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM);
- Marina de Rivière-du-Loup et ses utilisateurs;
- Alice-Anne Simard, directrice générale, Nature Québec;
- Andréane Bastien, directrice générale, Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL);
- Anne Dupéré, présidente-directrice générale, Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie.

Cette communication se voulait un point de départ pour informer et renseigner les différents intervenants intéressés sur le projet et les inviter à discuter et à échanger sur des préoccupations potentielles, le cas échéant.

À la suite de cette approche, la STQ a obtenu le retour d'un seul intervenant, soit M. Michel Sacco (9 novembre 2011), Secrétaire du Club nautique de Rivière-du-Loup. Ce dernier souhaitait soulever que les opérations de dragage de la STQ n'ont pas été problématiques jusqu'à ce jour, pour leurs activités. Le seul point soulevé était l'impact de la présence des véhicules de l'entrepreneur lors des travaux, qui pouvaient gêner les manœuvres de la sortie des quais flottants pour leur entreposage au mois d'octobre. Une problématique qui sera facilement résolue par une communication claire auprès de l'entrepreneur avant chaque dragage annuel.

La STQ n'a reçu aucun retour de la PMWW. Il faut toutefois rappeler que la PMWW avait d'ores et déjà soulevé une série de préoccupations lors la consultation publique initiée par le MELCC à la suite du dépôt de l'avis de projet. La majorité de ces préoccupations ont d'ailleurs été traitées dans l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE).

3 DESCRIPTION DU MILIEU DE RÉALISATION DU PROJET

3.1 DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

3.1.1 CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS

QC-3

L'initiateur présente à la section 3.2 un bilan de la qualité des sédiments des dix dernières années sans présenter la stratégie et le protocole d'échantillonnage utilisés.

- L'initiateur doit détailler la manière dont ont été choisis les stations ou les intervalles d'échantillonnage, la quantité d'échantillons par volume de sédiments dragués ainsi que le programme d'assurance qualité et contrôle qualité (AQ/CQ) appliqué à ces différentes campagnes de caractérisation passées.
- De plus, l'initiateur doit expliquer l'approche d'échantillonnage à venir pour les dix prochaines années et démontrer que celle-ci respecte les exigences et recommandations des guides spécifiques à ce sujet telles que :
 - Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration.* 39 pages.
 - Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et Environnement et Changement climatique Canada, 2016. *Guide de caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments.* 62 pages + annexes.
 - Environnement Canada (2002). *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 2 : Manuel du praticien de terrain.* Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport 107 pages.
 - Environnement Canada (2002). *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 1 : Directives de planification.* Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport 106 pages.

R-3 :

Afin d'offrir un portrait au fil des ans, les stations d'échantillonnages caractérisées au site de dragage sont restées les mêmes depuis au moins 2001 (figure 3.9; Cima+, 2009). La caractérisation des mêmes stations pendant plus de 20 ans permet une meilleure comparaison et un meilleur suivi de la qualité des sédiments au site de dragage. Pour les stations au site de rejet, quatre stations sont échantillonnées à l'intérieur de l'aire de rejet pour les travaux de l'année en cours. Ces stations sont placées de façon à obtenir un portrait général de l'aire de rejet. L'intervalle d'échantillonnage est annuel. Pour les travaux de dragage d'automne, la campagne de caractérisation a lieu durant l'été précédent les travaux. Au total, 14 stations étaient ainsi échantillonnées annuellement, soit 10 au site de dragage et 4 au site de rejet. L'échantillonnage était effectué en surface à l'aide d'une benne. Pour le programme d'assurance qualité et contrôle qualité (AQ/CQ). Un duplicata était également prélevé à une des stations d'échantillonnage de la zone de dragage. Ainsi, un total de 15 échantillons étaient analysés en laboratoire.

Les analyses des échantillons comprenaient également le programme d'assurance qualité mené par le laboratoire mandaté pour les analyses. Ce programme comprenait des mesures de validation de la démarche, dont des analyses de duplicates de laboratoire, de matériaux de référence, de blancs fortifiés et d'échantillons fortifiés. Les résultats de contrôle qualité obtenus par le laboratoire étaient ensuite comparés aux critères de performance et d'acceptabilité des résultats présentés dans le *Guide de caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments* (MDDELCC et ECCC, 2016). Étant donné que le nombre d'échantillons analysés durant les campagnes de caractérisations précédentes était inférieur à 18, le nombre requis de blanc, de matériau de référence et tout autre élément se chiffrait à un seul.

Comme effectué lors des différentes campagnes de caractérisation passées, les prochaines campagnes de caractérisation des sédiments suivront les *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. Ainsi, les paramètres analysés seront ceux retenus pour l'évaluation routinière de la qualité des sédiments :

- métaux et métalloïdes (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc);
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- biphenyles polychlorés (BPC) (congénères);
- granulométrie;
- carbone organique total (COT);
- hydrocarbures pétroliers ($C_{10}-C_{50}$).

Étant donné que les analyses des BPC des 11 dernières années (2011 à 2021) ne révèlent aucun dépassement de la limite de détection rapporté en laboratoire, une dizaine d'échantillons seront testés pour les BPC lors des prochaines campagnes de caractérisation. Pour les autres critères (métaux et métalloïdes, HAP, granulométrie, COT et $C_{10}-C_{50}$), tous les échantillons seront analysés.

Le *Guide de caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments* informe, entre autres, sur la conservation des échantillons. L'approche d'échantillonnage à venir pour les 10 prochaines années prolongera ce qui a été déjà effectué en matière de conservation des échantillons lors des caractérisations précédentes. Ainsi, les échantillons seront placés dans des glacières, accompagnés de cellules réfrigérantes afin de conserver les échantillons prélevés à 4°C entre le moment où ils sont prélevés et leur réception au laboratoire. Les échantillons sont également apportés la journée même au laboratoire d'analyse. De plus, préalablement à la campagne d'échantillonnage, le laboratoire fournit des contenants de format approprié, en nombre suffisant et préalablement prélavés et certifiés pour les analyses organiques et inorganiques par le laboratoire d'analyse. Les contenants utilisés pour ces campagnes de caractérisation sont en verre pour les analyses de métaux et métalloïdes, de HAP, BPC, COT et hydrocarbures pétroliers. Un contenant ou sac de plastique est utilisé pour l'analyse granulométrique. Le guide informe également sur le programme d'assurance et contrôle de la qualité. Le laboratoire d'analyse doit ainsi répondre aux exigences de la norme ISO/CEI 17025 :2005, aux exigences des *Lignes directrices concernant les travaux analytiques en chimie* et suivre le *Protocole pour la validation d'une méthode d'analyse en chimie*.

Les prochaines campagnes de caractérisation suivront le *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 1 : Directives de planification* (Environnement Canada, 2002a). Elles prendront en compte la superficie de dragage, la profondeur visée, le volume dragué et la méthode de dragage. Ainsi, selon le tableau B.1. de l'annexe B du Guide le nombre d'échantillons à prélever pour les travaux de dragage d'un volume théorique de 41 679m³ (volume théorique prévu pour 2021) est de 11 stations.

Ainsi, pour les prochaines années, une station d'échantillonnage supplémentaire sera ajoutée aux 10 stations qui étaient déjà échantillonnées par le passé au site de l'aire de dragage. Les quatre stations d'échantillonnage de l'aire de rejet des sédiments resteront pareilles aux années précédentes (surface exclusivement). Les échantillons seront des échantillons ponctuels. Comme fait durant les années précédentes, un GPS sera utilisé afin de s'assurer que la position de la station à échantillonner correspond à la station d'échantillonnage préalablement prévue.

Le *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 2 : Manuel du praticien de terrain* (Environnement Canada, 2002b) complète les informations présentées dans le volume 1 du *Guide*. Lors des prochaines campagnes d'échantillonnage, des duplicates de terrain homogénéisé seront envoyés au laboratoire pour analyse. Les duplicates seront identifiés comme échantillons distincts.

La santé et la sécurité de l'équipe sur le terrain sont importantes. L'équipe continuera à porter les équipements de protection individuelle nécessaires aux travaux sur l'eau et de protection contre les produits chimiques. Les recommandations et exigences du SIMDUT seront également appliquées.

Le dragage du quai de Rivière-du-Loup est un dragage d'entretien annuel. Chaque année, entre 3 à 4 m de sédiments s'y accumulent et doivent être retirés. La sédimentation est donc très importante et très rapide. La rapidité de cette sédimentation forme une couche de sédiments relativement uniforme et donc permet l'échantillonnage à l'aide d'une benne (en complément au carottier). La benne permettra un échantillonnage en surface sur un plus grand nombre de stations (six stations) alors que le carottier permettra d'obtenir un portrait vertical de la qualité physico-chimique des sédiments à (cinq stations). Les échantillons analysés et prélevés par carottier proviendront de différentes profondeurs pour obtenir un meilleur portrait vertical. Étant donné que les sédiments de Rivière-du-Loup sont considérés comme uniformes, des carottes de 1,5 à 2 m seront prélevées. Pour chaque carotte, trois échantillons seront prélevés aux strates 0-50 cm, 50-100 cm et 100-150 cm. Un total de 21 échantillons (6 échantillons de surface par benne + 3 échantillons X 5 carottes) sera donc prélevé au site de dragage.

L'échantillonnage des quatre stations au site de rejet se fera également à l'aide d'une benne afin de confirmer la similitude physico-chimique du site avec celle du site de dragage.

Les protocoles d'acceptabilité des échantillons, de lavage et de conditionnement des équipements, d'identification des échantillons, de manipulation des équipements, d'observations au terrain et de transport continueront d'être conformes aux *Guides d'échantillonnages*.

De plus, les duplicates pris au terrain représenteront un minimum de 10 % du nombre total d'échantillons. Ainsi, avec un total de 25 échantillons (21 échantillons au site de dragage et 4 échantillons au site de rejet des sédiments), un total de 3 duplicates sera nécessaire. Ainsi, l'analyse en laboratoire sera effectuée pour un total de 28 échantillons.

QC-4

L'initiateur présente à la section 3.2 les résultats de la granulométrie (figures 3-16 et 3-17) et la contamination pour les huit métaux de base ainsi que pour les BPC totaux (figures 3-19 et 3-20). Aucun résultat d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou les hydrocarbures pétroliers (C10-C50) ne sont toutefois présentés et aucune explication n'est fournie pour étayer le choix des paramètres retenus.

À ce propos, la section 5.1 du document en référence « Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration de 2007¹ » propose une liste de paramètres à analyser sur une base routinière et les HAP et C10-C50 en font partie. En l'absence de critère d'évaluation pour les C₁₀-C₅₀, les « Lignes directrices pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Lac-Mégantic et de la Rivière Chaudière² » peuvent être utilisées sur la base de valeur de référence et permettre une première analyse de la situation en cas de détection de C10-C50 au site de dragage.

De plus, il semble s'être glissé une erreur, puisque le texte de la section 3.2.12 mentionne les hydrocarbures, mais aucun résultat et interprétation n'y sont présentés. Le rapport présente des figures résumant les résultats de la qualité chimique, métaux et BPC totaux seulement, pour les dix années de caractérisation.

- L'initiateur doit mettre à jour les figures 3-16 à 3-20 en ajoutant les HAP et les hydrocarbures pétroliers comme paramètres d'analyse, puisque le site de dragage est associé à des activités d'embarquement / débarquement de véhicules motorisés et qu'une aire d'attente y est associée.
- L'initiateur doit fournir les tableaux présentant les résultats de la qualité chimique des sédiments.

R-4 :

Erratum - Pour les figures 3-19 et 3-20, nous désirons retirer les graphiques présentant les résultats des BPC totaux. En effet, tous les résultats des BPC obtenus de 2011 à 2020 se trouvent sous la limite de détection rapportée du laboratoire (LDR). Ainsi, les graphiques des BPC totaux n'informent pas des résultats obtenus, mais plutôt de la LDR lors des analyses. Afin d'éviter toute confusion quant à leur interprétation, il nous semble plus juste de les retirer des figures 3-19 et 3-20.

Les graphiques des résultats des sommes des HAP Bas poids moléculaire, sommation des HAP Haut poids moléculaire ainsi que des C₁₀-C₅₀ seront ajoutés aux figures 3-19 et 3-20 (annexe R-4). Ces paramètres d'analyses ne possèdent pas de valeurs de critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg). Ainsi, les graphiques des sommes en HAP permettent d'observer les tendances générales avant de se référer aux tableaux présentant tous les résultats d'analyses des 38 HAP analysés, afin de voir leurs résultats de qualité par rapport aux critères d'évaluation des sédiments en eau salée.

Les tableaux présentant les résultats d'analyse de la qualité chimique des sédiments sont présentés à l'annexe R-4. Les résultats sont présentés par station, afin de mieux visualiser la variation interannuelle. Il faut toutefois noter que les positions géographiques des stations 11, 12, 13 et 14 varient annuellement selon l'aire de dépôt associée aux travaux de dragage de l'année en cours. En bonus, les résultats de la caractérisation sédimentaire de 2021 ont également été ajoutés aux tableaux.

3.1.2 DESCRIPTION DES COMPOSANTES BIOLOGIQUES

QC-5

L'inventaire de la faune ichthysienne présenté à la section 3.3.6 de l'étude d'impact porte sur des données obtenues lors de quatre saisons de pêches réalisées en 2009, 2010, 2011 et 2012. Or, le Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire récolte des données chaque année sur les poissons présents dans l'estuaire depuis 2009.

L'initiateur doit intégrer ces données plus à jour dans l'étude d'impact, lesquelles sont disponibles auprès de la Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent. À la lumière des nouvelles données, l'initiateur doit réévaluer les impacts et proposer de nouvelles mesures d'atténuation au besoin.

R-5 :

Les données du Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) ont été fournies à la section 3.3.6 de l'ÉIE. Les seules données disponibles publiquement semblent être les données des quatre saisons de pêche de 2009 à 2012. L'OGSL, qui collige les données du RIPE, ne présente de l'information que pour ces années. Aucune mention de données subséquentes n'est faite. Il est indiqué, dans la page d'information du RIPE : « Après seulement quatre années d'activité, le RIPE a permis d'inventorier des centaines de milliers de poissons ».

Une demande d'information a été réalisée auprès du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP), qui confirme que les données du RIPE de 2013 à aujourd'hui n'ont pas été compilées et qu'aucun bilan n'est actuellement disponible (annexe R-5).

Toutefois, les données brutes par année (2013 à 2018 sauf 2014) ont été rendues disponibles le 9 février 2022 pour la station Rivière-Ouelle. Les données n'indiquent pas de nouvelles espèces, mais l'augmentation des captures de bar rayé est marquée (2 % des captures en 2013 et 45 % en 2018). Autrement, les espèces les plus abondantes parmi les captures demeurent l'éperlan arc-en-ciel, le poulamon atlantique, l'aloise savoureuse, l'anguille d'Amérique et la plie lisse, tout comme l'indique l'ÉIE. Le portrait de la faune ichtyenne demeure donc valide, à l'exception de la situation du bar rayé qui est discutée à la R-10.

QC-6

L'initiateur mentionne à la section 6.2.2 de l'étude d'impact que le degré de perturbation de la faune benthique est jugé faible. Or, à la section 3.3.5, il est spécifié que la dernière caractérisation réalisée pour la communauté benthique date de 2006 et le rapport de cet inventaire n'est pas inclus dans l'étude d'impact.

- L'initiateur doit fournir le rapport de la caractérisation réalisée en 2006.
- L'initiateur doit s'engager à effectuer une caractérisation plus récente des communautés benthiques au site de dépôt en eau libre afin d'avoir un portrait actuel de l'état de la communauté et déposer celle-ci au plus tard au moment du dépôt de la première demande d'autorisation ministérielle.

R-6 :

Vous trouverez, à l'annexe R-6, les deux rapports suivants :

- Étude de la richesse et de la biomasse de la faune benthique, 2005 (Procéan, 2006).
- Étude de la régénération de la faune benthique au site de mise en dépôt des matériaux dragués à Rivière-du-Loup (Procéan, 2008).

Dans le cadre de l'étude de référence menée par Procéan en 2005, 10 stations ont été étudiées au site de mise en dépôt, soit 4 stations au site de rejet prévu pour la mise en dépôt de 2005 (stations 01B, 02B, 03B et 05B) puis 6 stations témoins non influencées par le largage, mais localisées dans l'aire de mise en dépôt (04B, 06B, 07B, 09B et 10B) (voir carte 2B, Procéan, 2006). Dans ce rapport, il est démontré que les indices de diversité et de régularité des espèces benthiques retrouvées ne sont pas significativement différents des autres zones échantillonnées (aire de dragage vs zone témoin). Toutefois, la densité d'organisme du secteur est légèrement plus faible.

Pour mieux évaluer l'impact du rejet, une analyse des mêmes stations qu'en 2005 a été étudiée en 2007, soit deux ans après les travaux de largage de 2005 (Procéan, 2008). Cette étude a permis de démontrer que les communautés benthiques observées dans la zone de mise en dépôt ont évolué en deux ans. L'abondance, la richesse taxonomique, la diversité et la régularité ont augmenté entre 2005 et 2007, autant pour la zone de rejet que la zone témoin. Les deux zones ont été comparées statistiquement en 2005 puis en 2007, et aucune différence significative n'a été décelée pour tous les indicateurs testés. Deux ans après le rejet, on remarque que la composition des communautés est typique d'un processus de régénération avec la présence de polychète spionidés et de bivalve cardiidés dans la zone de rejet alors que les polychètes opheliidés, typiques des sables propres, sont présents seulement dans la zone témoin. Notons toutefois que les spionidés étaient déjà présents en 2005 seulement au site de rejet et que les ophiliidés étaient déjà présents en faible abondance en 2005 et étaient plus fréquents dans la zone témoin.

En observant les compositions un peu plus en détail pour la zone de rejet, il est possible de remarquer que les familles suivantes sont absentes du site de rejet en 2007, alors qu'elles étaient présentes en 2005 : littorinidés, ophelliidés, syllidés et pontoporeiidés. Ces quatre familles étaient présentes à une ou deux stations en 2005 et présentaient généralement de faibles abondances, à l'exception des pontoporeiidés, qui étaient un peu plus abondants (voir tableau 3.2 de Procéan, 2008). Toutefois, cette famille a aussi disparu pour la zone témoin.

Hormis une composition légèrement plus typique d'une perturbation récente (deux familles discriminantes) en comparaison à une composition plus typique de milieu propre (une famille discriminante), les indicateurs de la biodiversité des assemblages benthiques ne sont pas différents entre les deux zones. De plus, les mêmes tendances d'augmentation de ces indicateurs entre 2005 et 2007 sont observées dans les deux zones. Il appert que des facteurs autres que les travaux de largage seraient plus importants en ce qui a trait aux indicateurs de biodiversité des communautés temporellement dans la zone de mise en dépôt. Effectivement, les effets pouvant être attribués aux travaux de largage sont minimes.

Les conclusions ci-hauts permettent de confirmer que le degré de perturbation de la faune benthique par les travaux de mise en dépôt est effectivement jugé faible. Le portrait dressé par Procéan nous semble suffisant. Nous sommes d'avis qu'une caractérisation plus récente de la faune benthique ne permettrait pas d'apporter de conclusions significativement différentes que ce qui a d'ores et déjà été démontré. Nous tenons à souligner qu'à quelques exceptions près, 10 ans vont séparer deux immersions à un même site. Cette approche permet d'autant plus le phénomène de régénération malgré la perturbation du largage en mer sur les organismes benthiques lors du largage (phénomène d'enfouissement). Nous sommes bien au fait qu'il y a un certain impact du rejet en eau libre sur cette composante. Toutefois, ce site alternant les largages en sous-parcelle permet de minimiser ces impacts. Nous vous référons également à la réponse de la Q12. Les études de l'hydrodynamisme et du site de rejet près du fond ont démontré une turbidité naturelle importante causée par les conditions abiotiques naturelles du milieu. Les communautés benthiques de ce site sont ainsi d'ores et déjà le portrait de ce type d'habitat fortement dynamique. Dans l'optique où le rejet en eau libre demeure le scénario le plus techniquement viable pour le moment pour la gestion des déblais de dragage du quai de Rivière-du-Loup, considérant les volumes à gérer, conserver ce site de rejet est sans contredit l'option la moins impactante que de rechercher un nouveau site de rejet en mer, qui est dorénavant d'ailleurs beaucoup moins encouragé par les autorités.

QC-7

L'initiateur mentionne à la section 3.3.6 de l'étude d'impact que « À l'opposé, le coefficient de variation (CV) des captures d'éperlan arc-en-ciel (36,5 %), d'anguille d'Amérique (26,7 %) et d'aloise savoureuse (35,4 %) démontre une forte tendance à la baisse de 2009 à 2013 et une diminution de la part de ces espèces dans le pourcentage de capture, laissant la place notamment au bar rayé, lequel possède un CV de 13,9 % à la hausse. » Or, l'échelle temporelle sur laquelle sont basés les résultats présentés n'est que de quatre ans et plusieurs autres variables peuvent expliquer les variations dans les captures de poissons annuellement.

Afin de bien comprendre l'objectif de cette affirmation, l'initiateur doit spécifier si l'information présentée vise à suggérer que le bar rayé est à l'origine du déclin des espèces identifiées. Si tel est le cas, l'initiateur doit mentionner sur quelle étude repose cette relation. Dans le cas contraire, l'initiateur doit reformuler afin d'éviter cette ambiguïté.

R-7 :

L'affirmation relatée porte effectivement à confusion. Il devrait être plutôt indiqué : « À l'opposé, le coefficient de variation (CV) des captures d'éperlan arc-en-ciel (36,5 %), d'anguille d'Amérique (26,7 %) et d'aloise savoureuse (35,4 %) démontre une forte tendance à la baisse de 2009 à 2013 et une diminution de la part de ces espèces dans le pourcentage de capture, tandis que le bar rayé, lequel possède un CV de 13,9 %, démontre une augmentation des captures de 2009 à 2012. » Aucun lien de causalité ne peut être établi entre ces deux tendances, qui visait plutôt à mettre en lumière les fluctuations annuelles des espèces ichtyennes dans le secteur.

QC-8

L'initiateur mentionne dans le tableau 3-15 de la section 3.3.11 de l'étude d'impact que l'anguille d'Amérique n'a aucun statut en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (chapitre E-12.01) (LEMV). Notons qu'au Québec, l'anguille d'Amérique est sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. L'initiateur doit corriger le tableau 3-15 concernant le statut de l'anguille d'Amérique, évaluer les impacts en fonction de cette modification et ajuster les mesures d'atténuation au besoin.

R-8 :

L'anguille d'Amérique est effectivement classée comme « susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable ». Le tableau 3-15 comporte une coquille qui sera corrigée. Toutefois, la section 3.1.1 présente une description de l'anguille d'Amérique, où il est bien identifié que cette espèce est susceptible selon la LEMV. Ainsi, l'évaluation des impacts a été réalisée en conséquence de ce statut, tout comme celui de « menacé » de la LEP, et aucune modification de l'évaluation des impacts ou mesure d'atténuation supplémentaire n'est nécessaire.

QC-9

Le rorqual bleu est une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable selon la LEMV. Bien que peu fréquemment observées au site des travaux, les chances de l'observer particulièrement à proximité du site d'immersion ne sont pas nulles.

L'initiateur doit mentionner les raisons pour lesquelles cette espèce, qui bénéficie d'un statut en vertu de la Loi sur les espèces en péril et de la LEMV, n'a pas été considérée à la section 3.3.11 Espèces à statut particulier au même titre que le béluga et le rorqual commun et proposer une reformulation de la section 3.3.11 de l'étude d'impact en ce sens. Enfin, l'initiateur doit évaluer les impacts en fonction de cette modification et proposer de nouvelles mesures d'atténuation au besoin.

R-9 :

Le rorqual bleu n'a en effet pas été mentionné dans la section 3.3.11 étant donné son aire de répartition et ses aires d'importance établies dans la littérature principalement dans le golfe ainsi que dans l'estuaire jusqu'à la hauteur du fjord du Saguenay.

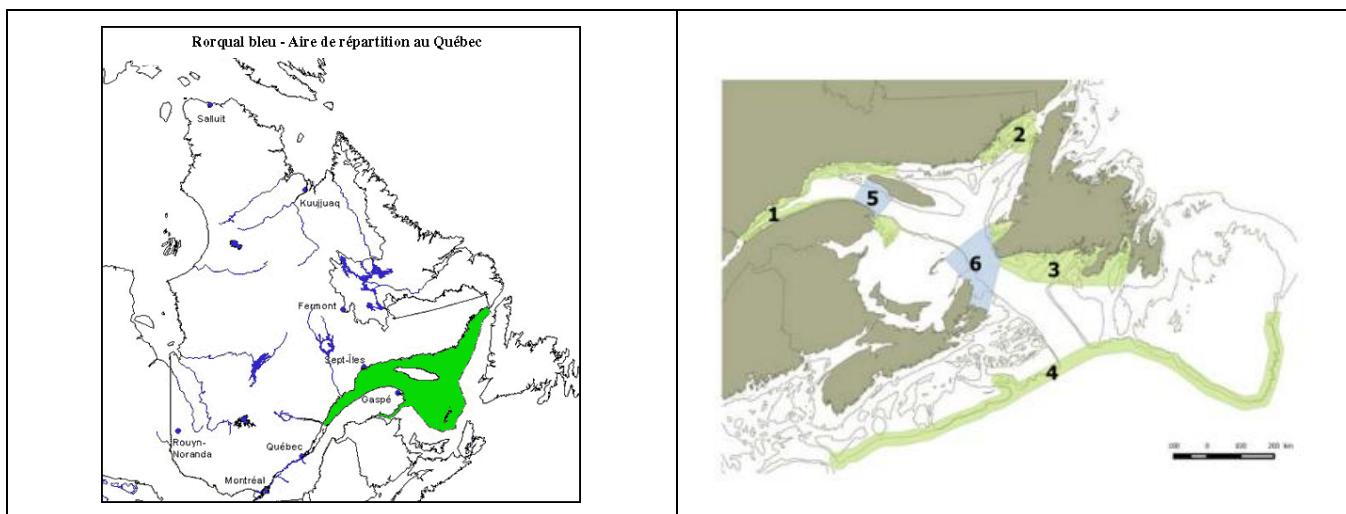


Figure R-9 Aire de répartition du rorqual bleu (tiré du MFFP, 2021); b) aires d'importances (tiré du MPO, 2018)

En ce sens, notre zone d'étude, telle que définie à la section 3,1 de l'ÉIE, n'inclut pas ces aires (répartition et d'importance). D'ailleurs, à l'analyse des données d'observation obtenues dans le cadre de la surveillance des mammifères marins, aucun rorqual bleu n'a, à ce jour, été encore répertorié dans les zones d'exclusions établies de 400 m autour des travaux (aires de dragage et de rejet). Nous sommes d'avis que malgré tout, il n'est pas totalement exclu d'observer un jour ou l'autre la présence de l'espèce dans la zone d'étude et principalement au site de rejet. Toutefois, bien que l'espèce n'a pas été mentionnée, nous vous confirmons que le programme de surveillance mis en place et imposé par Pêches et Océans Canada (MPO) est appliqué pour l'ensemble des cétacés fréquentant la zone des travaux. L'entrée d'un rorqual bleu dans la zone d'exclusion de 400 m (aires de dragage et de rejet) imposerait un arrêt immédiat des travaux en cours, jusqu'à la confirmation que l'espèce en soit repartie.

QC-10

L'initiateur mentionne à la section 7.4.2 de l'étude d'impact que le choix de l'éperlan arc-en-ciel comme composante valorisée est justifié par des données d'inventaires réalisées en 2001 et 2002, lesquelles ont démontré que l'éperlan arc-en-ciel était l'espèce ayant la plus forte présence dans la zone d'étude. Toutefois, ces inventaires datent de près de vingt ans et à ce moment, le bar rayé n'avait pas été réintroduit dans le Saint-Laurent. À cet égard, l'étude d'impact ne comporte aucun portrait à jour de la communauté ichthysienne utilisant le site des travaux.

- L'initiateur doit s'engager à développer un protocole d'inventaire de la communauté ichthysienne lequel devra être déposé au plus tard dans le cadre de l'étape de l'analyse sur l'acceptabilité environnementale afin d'être validé par le MELCC et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP).**
- L'initiateur doit s'engager à effectuer une mise à jour de l'inventaire de la communauté ichthysienne conformément au protocole qui sera validé par le MELCC et MFFP et déposer celle-ci au MELCC au plus tard au moment du dépôt de la première demande d'autorisation ministérielle.**

R-10 :

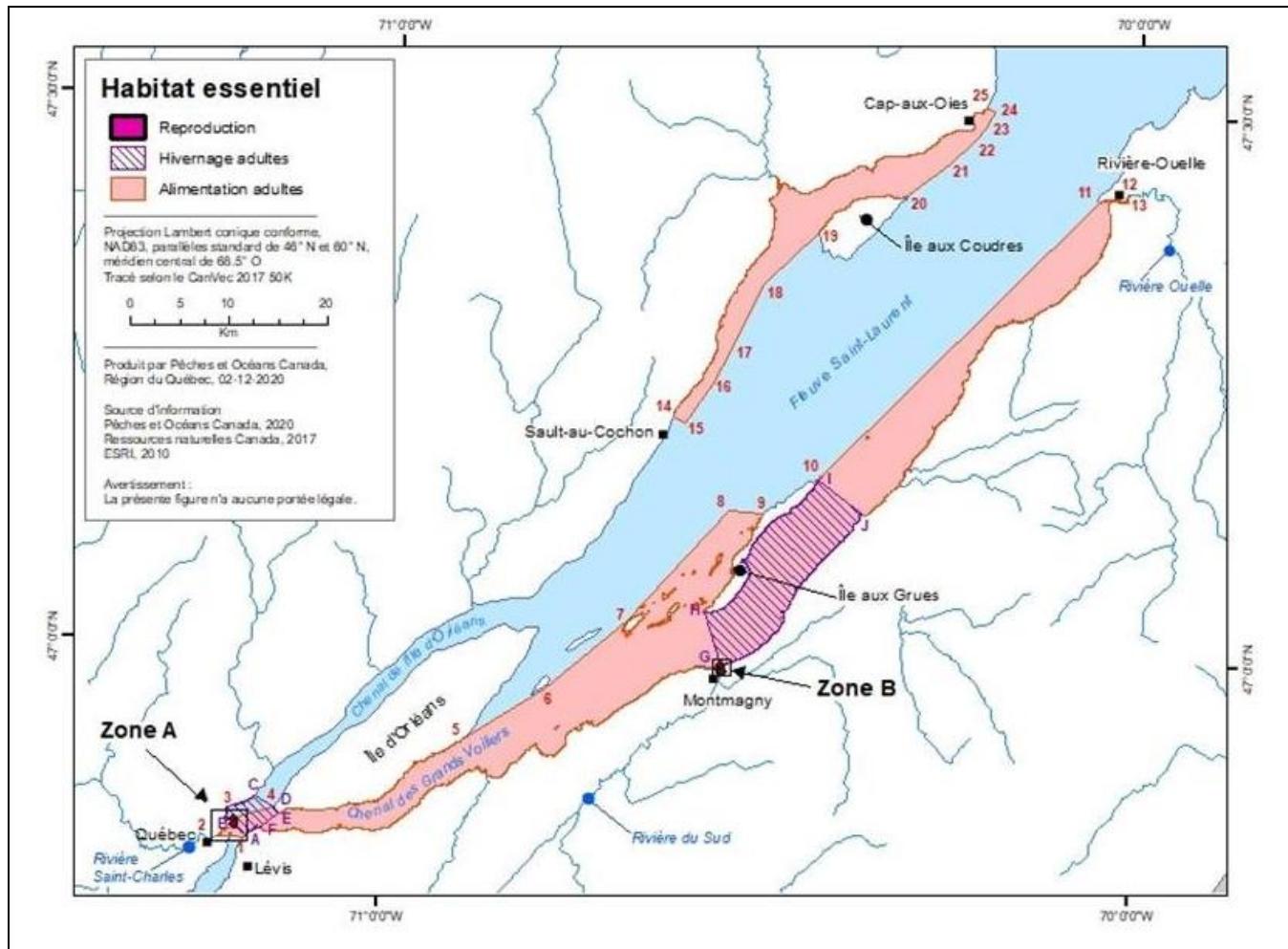
Des précisions sur cette question et les attentes du MELCC ont été obtenues le 26 janvier 2022. La présence possible du bar rayé et de l'utilisation du secteur par cette espèce, combinée au manque de données sur la faune ichthysienne, semblent être les préoccupations principales pour justifier la réalisation d'un inventaire complet par l'initiateur du projet.

Une première demande d'information sur les données de la RIPE a été réalisée pour avoir accès aux données récentes sur le poisson (2013-2021) qui n'a malheureusement pas porté fruit, car les bilans des captures n'ont pas été réalisés (voir R-5 et annexe R-5). Une nouvelle requête a été envoyée au MFFP afin de valider si le bar rayé est présent dans le secteur du quai de Rivière-du-Loup. Les données obtenues démontrent la croissance fulgurante des captures de cette espèce à Rivière-Ouelle. Mais ce secteur est situé à environ 75 km en amont du quai de Rivière-du-Loup et dans l'habitat essentiel de cette espèce.

Le MFFP a également rendu disponible le suivi des jeunes de l'année du bar rayé, où des sites de captures plus près de Rivière-du-Loup sont utilisés. Les résultats démontrent qu'en septembre, les sites près de RDL sont utilisés par l'espèce. Ces résultats ne sont pas surprenants, le bar rayé étant connu comme pouvant se regrouper en bancs près des côtes lors de la migration vers les sites d'hivernage (M. Jean-Pascal Fortin, Direction de l'évaluation environnementale des projets hydrauliques et industriels -MELCC, comm. pers. 26 janvier 2022; annexe R-10).

Les précisions du MELCC, obtenues le 26 janvier 2022, indiquent qu'un inventaire n'est pas nécessaire pour effectuer l'évaluation des impacts sur le poisson (annexe R-10). Soulignons également que le bar rayé ne possède plus de statut particulier au Québec et que le MFFP a ajouté sa voix à celle de la Fédération québécoise des chasseurs et pêcheurs pour que le fédéral retire également le bar rayé de la liste des espèces en péril au Canada, puisqu'il prolifère maintenant dans le fleuve Saint-Laurent.

L'ambitieux projet de réintroduction initié il y a plus de 20 ans aurait donc porté fruit et les données du MFFP semblent également le démontrer. De plus, la zone d'étude est située à l'extérieur de l'habitat essentiel de l'espèce (figure QC-10), qui se concentre entre Lévis et Rivière-Ouelle, sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent.



Source : Plan de rétablissement du bar rayé (ECCC, 2021)

Figure R-10 Habitat essentiel (reproduction, alimentation et hivernage) du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent

QC-11

Afin de documenter l'état de référence pour l'évaluation des impacts du projet sur la faune aviaire, l'initiateur réfère à un inventaire effectué en 2001 et 2002 qui recensait les espèces observées dans la zone à l'étude, soit au quai de Rivière-du-Loup, à l'anse au Persil, et aux Cayes à Carrier. Dans l'étude d'impact, l'initiateur présente uniquement un résumé des données recueillies lors de deux visites sur le terrain, soit les 3 octobre 2001 et 4 novembre 2001. Ainsi, les données les plus récentes pour documenter l'utilisation de l'aire d'étude par la faune aviaire datent d'une vingtaine d'années.

- L'initiateur doit fournir une mise à jour de l'utilisation de la zone d'étude par la faune aviaire à l'aide de données plus récentes afin de brosser un portrait plus représentatif de l'état de référence pour la faune aviaire. Pour ce faire, il peut se référer à des données existantes, comme les mentions présentes dans la base de données eBirds.

- **En fonctions des résultats, l'initiateur doit mettre à jour l'analyse des effets du projet sur la faune aviaire et son habitat, identifier de nouvelles mesures d'atténuation afin d'éviter ou d'amoindrir les effets et réviser l'évaluation des effets résiduels.**

R-11 :

Afin de documenter les espèces connues utilisant le secteur de la zone à l'étude, plusieurs sources ont été utilisées dans l'ÉIE :

- 1** Espèces recensées dans les trois aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) situées à proximité des travaux et dont l'utilisation saisonnière du secteur chevauche la période prévue des travaux.
- 2** Études de Mousseau et coll. (1998), du Service canadien de la Faune (1994; 2005) et du Centre Saint-Laurent (1996) traitant de l'écosystème et des communautés biologiques de l'estuaire moyen du Saint-Laurent.
- 3** Les données récentes du CDPNQ concernant les espèces à statut particulier connues.
- 4** L'Atlas des oiseaux nicheurs (AONQ, 2021) qui indiquent les espèces utilisant le secteur pour la nidification même si les travaux chevauchent principalement la saison de migration automnale.

Ces sources donnent un portrait juste de la communauté d'oiseaux utilisant le secteur et pouvant être affectés par le projet de dragage. Les données des inventaires réalisés lors des visites en 2001 ont été présentées même si elles dataient de plusieurs années, puisque ce sont les seules qui ont été obtenues directement et seulement dans la zone à l'étude, et ce, en période où les travaux auront lieu. En effet, aucun inventaire spécifique au projet n'a été réalisé en 2021 lors de l'ÉIE en lien avec le dernier programme décennal de dragage au quai de Rivière-du-Loup. Cela ne s'est pas avéré nécessaire puisque les oiseaux ne constituent pas un enjeu important pour le projet de dragage de Rivière-du-Loup. D'ailleurs, le rapport d'analyse environnementale de la direction des évaluations environnementales n'a pas retenu cette composante en tant qu'enjeu au projet (MDDEP, 2010).

Afin de préciser les données présentées dans la zone d'étude dans l'ÉIE, les données en provenance de la banque eBird ont été consultées. Soulignons que les données compilées à partir de cette source proviennent d'observations réalisées par des observateurs qui ne sont pas nécessairement des spécialistes et en tout moment de l'année, soit non particulièrement lors de la période des travaux de dragage prévus. Les données présentées dans la liste suivante proviennent des sites d'observation publics au quai de Rivière-du-Loup et au Parc de la Pointe. Les espèces à statut particulier au provincial (Québec) sont soulignées.

La plupart des espèces listées plus haut ne sont pas des espèces associées au milieu aquatique et n'utilisent pas la zone d'études pour l'alimentation, la reproduction ou le repos. Cependant, les espèces de limnicoles, d'échassiers, de goélands et autres oiseaux marins et d'oies et de canards ont plus de chances de se trouver dans la zone d'étude à la fin de l'été et à l'automne, alors que les travaux auront lieu.

Concernant les espèces identifiées à statut particulier dont l'habitat favorable superpose la zone d'étude, le grèbe esclavon est classé comme espèce menacée au Québec, le garrot d'Islande classé comme espèce vulnérable et l'océanite cul-blanc classé comme espèce susceptible d'être menacée ou vulnérable, pourraient être présents et être dérangés par les travaux.

Au Québec, le grèbe esclavon utilise habituellement les grands plans d'eau à l'intérieur des terres l'été et les eaux côtières plus au sud l'hiver (Peterson, 2007). Cette mention est exceptionnelle. Une seule mention du grèbe esclavon a été consignée dans la banque eBird à cet endroit. Elle a été enregistrée au mois de mai 2015, période où aucun travail n'est prévu.

Le garrot d'Islande utilise les lacs forestiers en été et principalement les zones côtières en hiver, incluant le fleuve Saint-Laurent (Peterson, 2007). En automne, il est donc possible qu'on le trouve dans le secteur de la zone d'étude. La mention la plus récente trouvée dans eBird date de novembre 2021 à partir du Parc de la Pointe. L'histogramme du site indique qu'en fonction des données compilées, cette espèce est observée en octobre et en novembre.

Aloette hausse-col	Colibri à gorge rubis	Hirondelle de rivage	Paruline tigrée
Balbuzard pêcheur	Cormoran à aigrettes	Hirondelle noire	Paruline triste
Bécasseau à croupion blanc	Corneille d'Amérique	Hirondelle rustique	Petit Chevalier
Bécasseau à poitrine cendrée	Courlis corlieu	Jaseur boréal	Petit Fuligule
Bécasseau minuscule	Crécerelle d'Amérique	Jaseur d'Amérique	Petit Garrot
Bécasseau sanderling	Durbec des sapins	Junco ardoisé	Petit Pingouin
Bécasseau semipalmé	Eider à duvet	Labbe parasite	Petite Buse
Bécasseau variable	Eider à tête grise	Labbe pomarin	Pic chevelu
Bécasseau violet	Épervier brun	Macreuse à ailes blanches	Pic flamboyant
Bécasseau de Baird	Épervier de Cooper	Macreuse à bec jaune	Pic maculé
Bécasseau minuscule	Étourneau sansonnet	Macreuse à front blanc	Pic mineur
Bécasseau à croupion blanc	Faucon émerillon	Martinet ramoneur	Pigeon biset
Bécasseau à poitrine cendrée	Faucon pèlerin	Martin-pêcheur d'Amérique	Pipit d'Amérique
Bécasseau semipalmé	Fou de Bassan	Merle d'Amérique	Plectrophane des neiges
Bécassin roux	Fuligule à collier	Mésange à tête brune	Plongeon catmarin
Bécassine de Wilson	Fuligule à tête rouge	Mésange à tête noire	Plongeon huard
Bec-croisé des sapins	Fuligule milouinan	Moineau domestique	Pluvier argenté
Bernache cravant	Garrot à œil d'or	Moqueur chat	Pluvier kildir
Bernache du Canada	Garrot d'Islande	Moqueur roux	Pluvier semipalmé
Bihoreau gris	Geai bleu	Moucherolle des aulnes	Pluvier bronzé
Bruant familier	Gélinotte huppée	Moucherolle tchébec	Pygargue à tête blanche
Bruant fauve	Goéland à bec cerclé	Mouette atricille	Quiscale bronzé
Bruant à couronne blanche	Goéland arctique	Mouette de Bonaparte	Quiscale rouilleux
Bruant à gorge blanche	Goéland argenté	Mouette pygmée	Roitelet à couronne dorée
Bruant des prés	Goéland brun	Mouette tridactyle	Roitelet à couronne rubis
Bruant chanteur	Goéland bourgmestre	Océanite cul-blanc	Roselin familier ou R. pourpré
Bruant de Lincoln	Goéland marin	Oie de Ross	Roselin pourpré
Bruant des marais	Goglu des prés	Oie des neiges	Sarcelle à ailes bleues
Bruant des prés	Grand Chevalier	Paruline à calotte noire	Sarcelle d'hiver
Bruant familier	Grand Corbeau	Paruline à collier	Sittelle à poitrine blanche
Bruant hudsonien	Grand Harle	Paruline à couronne rousse	Sittelle à poitrine rousse
Busard des marais	Grand Héron	Paruline à croupion jaune	Sizerin flammé
Buse à queue rousse	Grande Aigrette	Paruline à flancs marron	Sterne pierregarin
Buse pattue	Grèbe esclavon	Paruline à gorge noire	Solitaire de Townsend
Canard chipeau	Grèbe jougris	Paruline à gorge orangée	Sterne caspienne
Canard colvert	Grimpereau brun	Paruline à joues grises	Sturnelle des prés
Canard d'Amérique	Grive à dos olive	Paruline à poitrine baie	Tarin des pins
Canard noir	Grive fauve	Paruline à tête cendrée	Tournepierre à collier
Canard pilet	Grive solitaire	Paruline bleue	Tourterelle triste
Canard souchet	Gros-bec errant	Paruline couronnée	Troglodyte des forêts
Cardinal à poitrine rose	Guillemot à miroir	Paruline des ruisseaux	Tyran tritri
Carouge à épaulettes	Guillemot marmette	Paruline flamboyante	Urubu à tête rouge
Chardonneret jaune	Harelde kakawi	Paruline jaune	Vacher à tête brune
Chevalier grivelé	Harle couronné	Paruline masquée	Viréo aux yeux rouges
Chevalier solitaire	Harle huppé	Paruline noir et blanc	Viréo de Philadelphie
	Harfang des neiges	Paruline obscure	
	Hirondelle à ailes hérisssées	Paruline rayée	
	Hirondelle à front blanc		
	Hirondelle bicolore		

L'océanite cul-blanc est une espèce observée en haute mer au Québec. Il niche dans les îles océaniques (Perterson, 2007). Cette ancienne mention est également exceptionnelle. Une seule mention de l'océanite cul-blanc a été consignée dans la banque eBird à cet endroit. Elle a été enregistrée au mois d'octobre 1979.

En fonction des nouvelles espèces issues de la banque, incluant le garrot d'Islande identifiée comme la seule espèce à statut qui pourrait être présente au moment des travaux, les sources d'impact pouvant toucher ces espèces sont les mêmes que celles identifiées à l'ÉIE, soit :

- la mobilisation et la démobilisation des équipements;
- l'approfondissement de la zone d'accostage au quai de Rivière-du-Loup;
- le chargement des sédiments dragués;
- les accidents et les défaillances.

Les mesures d'atténuation applicables sont également les mêmes que celles énumérées pour la composante avifaune en général :

- BIO3 : Bien suivre les recommandations quant aux activités bruyantes.
- BIO4 : Dans la mesure du possible, effectuer les travaux à l'extérieur de la période de reproduction des oiseaux, soit de la mi-avril à la fin août.

En considérant les sources d'impact, les mesures d'atténuation applicables et les paramètres d'évaluation de l'impact (valeur de la composante, degré de perturbation, intensité, étendue et durée de l'impact) et en appliquant la méthodologie présentée à l'ÉIE, l'impact résiduel du projet sur l'avifaune demeure identique.

En effet, une **grande** valeur écosystémique et socio-économique a été attribuée à l'avifaune, incluant les espèces à statut particulier identifiées. Le degré de perturbation est jugé **faible** en raison des dérangements par le bruit et les mouvements de machinerie et d'équipements qui ont déjà cours dans le secteur du quai. L'intensité de l'impact est ainsi **moyenne**, son étendue est **ponctuelle** et sa durée est **courte**. La probabilité d'occurrence est **faible** puisque les espèces de l'avifaune sont mobiles et que la zone des travaux ne constitue pas une importante zone de nidification ni d'alimentation. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc jugée **mineure**.

4 ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET

4.1 DESCRIPTION DES IMPACTS

4.1.1 IMPACT SUR LES MILIEUX HUMIDES ET HYDRIQUES

QC-12

Dans l'étude d'impact, l'initiateur ne fournit pas de détails sur l'étendue de l'impact du rejet en eau libre des sédiments, en lien avec la dispersion des matières en suspension (MES) lors du largage, mais aussi avec le dépôt et le transport sédimentaire au fond. Les impacts sur le milieu benthique au site de dépôt et en aval de ce site devraient être mieux documentés dans l'étude d'impact, incluant les impacts cumulatifs dus aux multiples interventions de dragages dans le secteur. Le MELCC souhaite obtenir des informations sur la dynamique sédimentaire lors des largages et l'impact à moyen et long terme sur le milieu récepteur tel que sur la communauté benthique ainsi que sur les herbiers aquatiques ou autres milieux sensibles pour la faune aquatique et aviaire.

L'initiateur doit déposer une modélisation de la dispersion des sédiments lors des rejets en eau libre afin de délimiter la zone d'étude, telle qu'exigée dans la directive, en estimant l'ampleur du panache de turbidité et en ciblant la zone affectée par ce panache.

Enfin, l'initiateur doit proposer un programme de suivi des impacts sur le milieu impacté par les rejets en eau libre. L'initiateur doit et sans s'y restreindre, réaliser une analyse spatio-temporelle de l'impact des rejets sur la communauté benthique ainsi que sur les herbiers aquatiques ou autres milieux sensibles pour la faune aquatique et aviaire. Si les résultats démontrent que les dépôts en eau libre causent préjudices sur le milieu récepteur tel que sur la communauté benthique, les herbiers aquatiques ou tout autres milieu sensibles pour la faune aquatique et aviaire, l'initiateur devra proposer des mesures d'atténuation supplémentaires. Ces éléments devront se retrouver dans les rapports lesquels devront être déposés au plus tard lors de la demande d'autorisation ministérielle de l'année suivant la réalisation des suivis.

R-12 :

La STQ souhaiterait souligner que des études de modélisation et de suivi de la turbidité au site de mise en dépôt ont d'ores et déjà été effectuées pour répondre à cette question concernant la dynamique/dispersion associées aux opérations d'immersion. Dans cette optique nous croyons que les deux rapports fournis à l'annexe R-12 permettent de répondre à ce questionnement :

- Procéan 2006b. Étude courantométrique au site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup. 18p.
- Groupe Conseil LaSalle Inc.2008. Reconstruction du quai de Rivière-du-Loup-Étude sur le dragage d'entretien et les modes de dispersions des sédiments dragués. 54 p + annexe.

Dans le cadre de l'étude sur le dragage d'entretien et les modes de disposition des sédiment dragués de Rivière-du-Loup discutés dans Procéan (2006b), des mesures de courants et de turbidité ont été enregistrées avant et pendant les opérations de rejet en eau libre des sédiments au site de mise en dépôt, lors de l'été 2005. Les enregistrements de turbidité ont démontré que la turbidité ambiante au site de dépôt varie de 0,2 à 154,5 UTN. La variation de la turbidité dépend de la vitesse du courant induit par les marées. Les valeurs maximales de turbidité sont atteintes lors du jusant et du flot (respectivement 135,7 et 154,6 UTN), alors que les valeurs minimales sont enregistrées lors des étales de marée.

La figure R-12a illustre la variation de la turbidité lors des activités de largage au site de dépôt. Les flèches rouges sur le graphique indiquent les moments où les activités de largage sont survenues. Les mesures permettent de conclure que le largage des sédiments au site de dépôt n'influence pas le niveau de turbidité et que les valeurs maximales ont été obtenues bien des heures suivant le rejet.

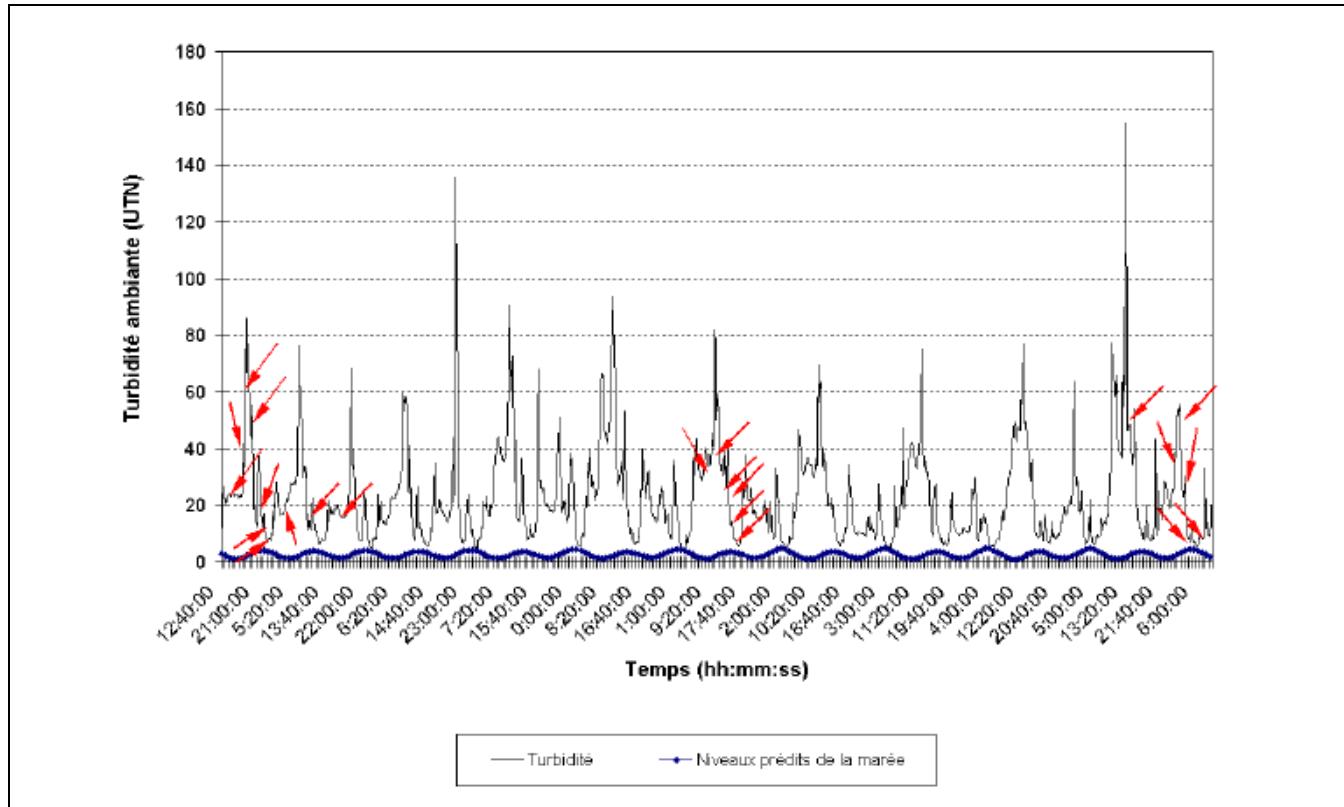


Figure R-12a Évolution de la turbidité ambiante et du niveau prédict de la marée au site de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, du 29 juin au 9 juillet 2005 (Procéan 2006)

Des analyses de l'évolution du panache de dispersion ont aussi été réalisées dans le cadre de l'étude de réaménagement du quai du traversier (Lasalle, 2007), afin d'évaluer les conditions hydrosédimentologiques au site à l'étude. La modélisation a été réalisée, dans un premier temps, à l'aide du logiciel STFATE (*Short Term Fate of Dredged Material Disposal in Open Water*) pour représenter le comportement à court terme du largage des matériaux de dragage. La dispersion des sédiments par les courants a quant à elle été réalisée à l'aide du module PA (*Particle Analysis*) du logiciel MIKE 21 (Lasalle, 2007). Les données mesurées lors de la campagne de relevés de 2005 ont été utilisées pour la validation des modèles (Lasalle, 2007).

Les résultats de cette modélisation démontrent que les activités de déversement en eau libre des sédiments dragués n'entraînent pas de panache de dispersion continu. Les matériaux largués chutent plutôt en masse compacte dans la colonne d'eau. Une partie des sédiments est cependant remise en suspension à la suite de l'impact des matériaux sur le fond marin, et entraîne la création d'un fluide dense sur le fond. Les matériaux en suspension se déplacent avec les courants de marée et se redéposent rapidement au fond. La figure R-12b illustre la concentration maximale de MES en fonction du temps à la suite du largage. Il peut être conclu que l'augmentation en MES demeure très localisée et que les concentrations rejoignent rapidement celles du milieu ambiant (Lasalle, 2007).

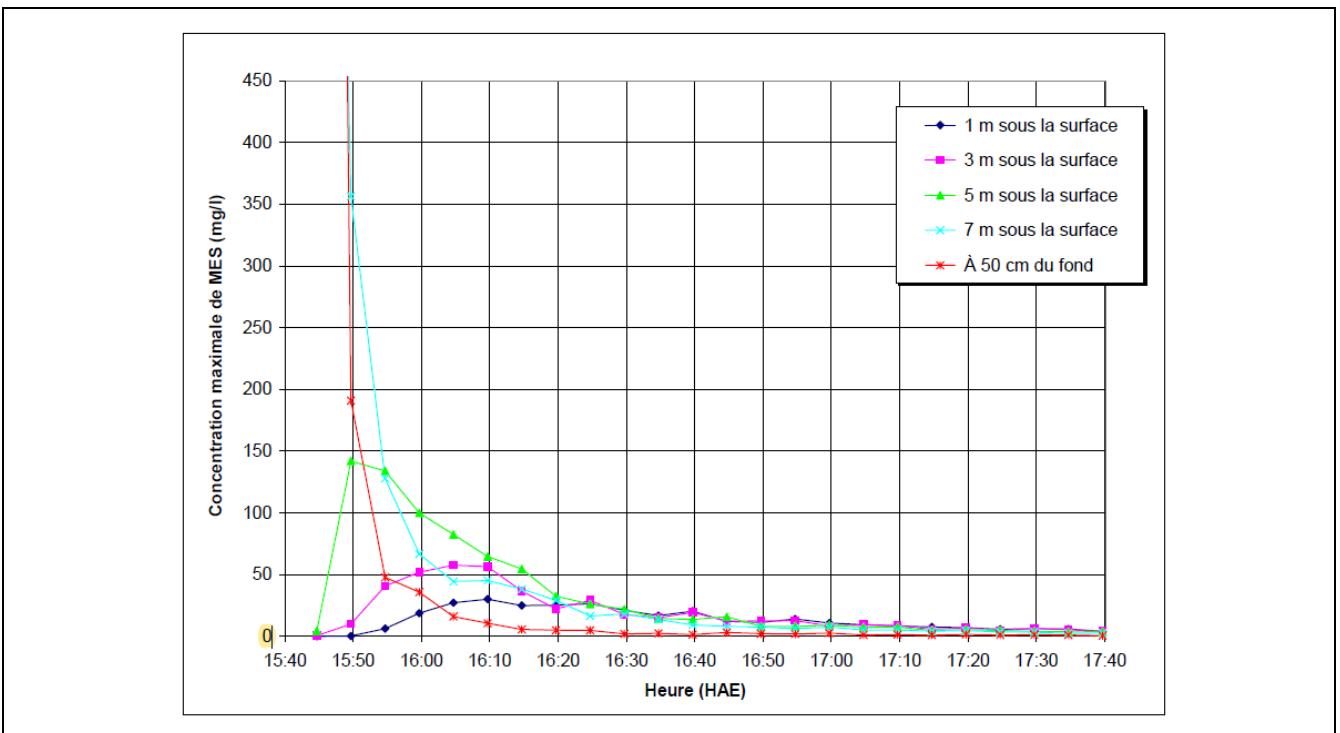


Figure 12b Évolution des concentrations en MES suite à une opération de déversement de sédiments dragués

À l'analyse des deux figures indiquées dans cette question, les impacts causés par les activités de rejet en eau libre au site de dépôt sont jugés mineurs, car la turbidité mesurée lors des opérations de largage correspond à la turbidité ambiante. De plus, bien que la concentration de MES augmente lors d'une opération de largage, elle diminue rapidement par la suite pour rejoindre celle du milieu ambiant.

Pour ce qui est de l'impact sur les habitats à proximité, soit de la capacité de dispersion du site, nous aimeraisons souligner que depuis l'an 2000, la moyenne de volume dragué qui est retrouvé au site de largage (sous cellule visée), une fois les travaux achevés, est de 79 %. À titre d'exemple, pour l'année 2021, sur les 55 001 m³ de sédiment dragués et largués dans la sous-parcelle visée, 76 % de ces sédiments, soit 42 052 m³ ont été identifiés lors du relevé bathymétrique post-travaux. En ce sens, environ 13 000 m³ de sédiment auraient donc été dispersés en dehors de la sous-parcelle visée. Ces rapports volumétriques donnent ainsi une bonne indication en ce qui a trait à la quantité de sédiment qui serait disperser dans les environs. Ces données démontrent, malgré tout, que le site de rejet n'est pas majoritairement dispersif et pour valider le phénomène plutôt que d'effectuer une modélisation, la STQ propose de s'engager, pour le prochain dragage, à effectuer un relevé bathymétrique post-travaux sur une plus grande surface que la sous-parcelle visée par la mise en dépôt. Cette approche complèterait certainement le portrait de la dispersion des sédiments lors des rejets en eau libre, afin de valider la zone d'étude.

Tableau 12 Volume dragué au quai et volume retrouvé au site de disposition

SITE	VOLUME DRAGUÉ (m ³)
Quai	55 001
SITE	VOLUME RETROUVÉ (m ³)
Site de disposition	42 052 (76 %)

Pour ce qui est de l'impact sur le milieu récepteur, il existe vraisemblablement un impact relié à l'enfouissement des organismes benthiques par les rejets. Toutefois, nous avons pu démontrer, à la Q-6, que ces impacts sont assez limités et qu'une régénération semble présente même après deux ans suivant les rejets. Pour ce qui est de l'impact sur les habitats environnants à l'extérieur du site de mise en dépôt, nous croyons que la validation de la bathymétrie post-travaux sur une plus grande superficie permettra de noter un impact limité dans le secteur immédiat au site de mise de dépôt général.

4.1.2 IMPACT SUR LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSENTES

QC-13

L'initiateur identifie les espèces exotiques envahissantes (EEE) en tant que menaces aux différentes espèces à statut particulier qui se retrouvent dans le secteur affecté par le projet. Toutefois, cet enjeu est intégré dans les mesures d'atténuation uniquement dans le cas des communautés végétales aquatiques (sections 5.2.7 et 6.2.1) et les seules EEE identifiées sont les EEE végétales. L'initiateur doit préciser les points suivants :

- L'ensemble des facteurs de propagations possibles, l'impact des changements climatiques sur les EEE, les risques découlant des EEE (végétales, vertébrées et invertébrées) sur les communautés vertébrées et benthiques et les mesures d'atténuation que l'initiateur va mettre en place.**

R-13 :

Des espèces exotiques envahissantes (EEE) fauniques et floristiques ont été indiquées en tant que menace pour certaines espèces à statut particulier dans l'ÉIE (aloise savoureuse, anguille d'Amérique, bruant de Nelson). Ces informations sont tirées des rapports de situation ou des études sur l'état des populations (COSEPAC ou Service canadien de la faune).

Ce sont des EEE floristiques (phalaris roseau, phragmite commun et de la salicaire pourpre) qui menacent l'habitat du bruant de Nelson tandis que ce sont des EEE fauniques qui ont été identifiées pour l'aloise savoureuse et l'anguille d'Amérique, soit principalement la carpe asiatique pour l'aloise et la moule zébrée et le gobie à taches noires pour l'anguille.

En lien avec le projet de dragage annuel au quai de Rivière-du-Loup, les mesures d'atténuation au projet identifiées à l'ÉIE sont jugées suffisantes pour diminuer efficacement le risque de propagations des EEE floristiques menaçant l'habitat du bruant de Nelson (partie supérieure des marais salés ou saumâtres).

Les EEE fauniques identifiées en tant que menaces pour l'aloise et l'anguille sont des espèces d'eau douce. Toutefois, le gobie est connu pour tolérer les eaux saumâtres (MFFP, 2016). Dans un contexte de changements climatiques à long terme qui pourraient entraîner des conditions favorables à ces espèces, il pourrait être possible que ces espèces puissent survivre dans la zone d'étude. Toutefois, cette affirmation demeure hypothétique, particulièrement dans la fenêtre de l'ÉIE couvrant une période de 10 ans.

Dans cette éventualité, les principaux facteurs de propagation connus pour ces espèces sont l'introduction par les eaux de ballast, les embarcations ou par les activités de pêche ainsi que la migration par les voies naturelles. Soulignons que pour les quelques embarcations de l'entrepreneur qui contiendront des eaux de ballast, ce dernier se doit de respecter le Règlement sur l'eau de ballast, comme défini par Transports Canada.

En ce sens, les mesures d'atténuation identifiées à l'ÉIE sont jugées suffisantes pour réduire le risque de propagation qui pourrait être attribuable au projet, et ce, même si les conditions du milieu se modifient, car les vecteurs d'introduction demeurent également les mêmes.

Les mesures d'atténuation identifiées à l'EIE sont :

- BIO1 : Effectuer l'entretien et le nettoyage de la machinerie et des équipements qui seront utilisés (drague, barge, etc.) avant le début des travaux, pour éviter la colonisation du secteur par des espèces exotiques envahissantes.
- BIO2 : Éradiquer rapidement les individus d'espèces exotiques envahissantes introduits pendant les travaux, le cas échéant, et ce, selon des techniques reconnues pour le type d'espèce observé.

4.2 ATTÉNUATION DES IMPACTS

QC-14

Le béluga étant une espèce menacée au sens de la LEMV, l'initiateur doit élaborer davantage sur les raisons justifiant la réalisation des travaux en période sensible pour cette espèce, soit avant le 1er octobre et détailler les mesures d'atténuation mises en place.

R-14 :

Étant donné la période requise pour effectuer les travaux de dragage de l'ordre de 4 à 6 semaines, le chevauchement de ce calendrier avec la détérioration des conditions de navigation en période automnale amène son lot de risques d'un point de vue santé et sécurité pour les opérations tenues sur l'eau. En ce sens, après discussions avec le MPO, il a été convenu « d'envisager » annuellement de débuter les travaux 10 jours avant la période sensible, soit du 20 au 30 septembre, afin d'optimiser les chances de compléter les travaux de dragage requis dans des conditions dites sécuritaires. Soulignons que le MPO n'autorise pas d'emblée un début des travaux plus hâtif annuellement. Une demande d'avis doit être faite, en plus d'une demande de permis en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP), annuellement. La période du 20 au 30 septembre concorde avec une diminution de la présence de l'espèce dans le secteur. Les observations recueillies au fil du temps ont permis de le confirmer et c'est pourquoi le MPO, lors de l'analyse de notre demande, a permis, à ce jour, d'ajouter un 10 jours de travaux qui furent jusqu'à maintenant très justifiés pour la sécurité des gens sur l'eau, tout en minimisant les perturbations pour le béluga dans son habitat.

À titre de mesures d'atténuation, nous vous référons au programme de surveillance requis par le MPO, comme décrit au chapitre 8 de l'ÉIE. Ce programme doit être appliqué dès le jour 1 des opérations et donc dès le 20 septembre, le cas échéant. Toutefois, pour les travaux débutant avant le 1^{er} octobre, les opérations ne sont autorisées qu'en raison de 12 heures/jour de manière à laisser une pause de perturbation sonore dans le milieu pour les bélugas. Ce n'est effectivement qu'à partir du 1^{er} octobre qu'il est possible de travailler 24 h/24.

QC-15

Le site de rejet préconisé et utilisé depuis plusieurs années dans le cadre des activités de dragage d'entretien du port de Rivière-du-Loup sert aussi de lieu de rejet des déblais dans le cadre d'autres activités de dragage. À titre d'exemple, des activités de dragage sont effectuées au port de Gros-Cacouna en 2021, opérations qui pourraient être répétées au cours des années à venir. L'étude d'impact n'aborde pas la possibilité que le site soit récepteur d'un volume de déblais de dragage plus important que ce qui est présenté, ni comment cet effet additionnel est pris en compte dans l'évaluation des impacts sur le site de rejet et ses environs.

- **L'initiateur doit prendre en considération le rejet des déblais des autres activités de dragage à même le site de rejet du présent projet et évaluer les impacts sur ce site et ses environs.**

- Il doit également évaluer et démontrer que la capacité du site de rejet sera suffisante pour la gestion des sédiments de dragage du programme (dix ans). Dans le cas contraire, il doit mentionner comment seront gérés les sédiments en cas de fermeture du site.**

R-15 :

Le site de rejet est utilisé majoritairement par la STQ pour le relargage des matériaux de dragage du quai de Rivière-du-Loup (évalué à 60 000 m³ par année pour le programme décennal 2022-2031). Les autres projets de dragage utilisant ce site de rejet y larguent des volumes beaucoup moins importants; l'autre projet connu pour l'importance du volume dragué est le port de Gros Cacouna. En comparaison, les volumes y sont moins importants et les dragages beaucoup moins fréquents. L'historique des dragages effectués au port de Gros-Cacouna ainsi que leur mode de gestion sont présentés au tableau R-15.

On y remarque que les derniers dragages d'entretien sont espacés de plus de 10 ans et que seul le dragage de 2021 a utilisé le site de rejet en eau libre pour la gestion des matériaux dragués. Selon la Société portuaire du Bas-Sainte-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG), les futures quantités à draguer ne sont pas encore estimées (Caroline Ratté, comm. pers. 3 février 2022).

Tableau R-12 Historique de dragage au port de Gros-Cacouna et mode de gestion des sédiments

Année	Zone ciblée	Volume (m ³)	Superficie (m ²)	Mode de gestion des sédiments dragués
Dragage de capitalisation				
1967 et 1968	Bassin (partie intérieure)	2 460 400	214 900	Milieu terrestre (cellule de confinement)
1978 et 1979	Bassin	942 500	322 800	
Dragage d'entretien				
1986	Poste à quai	3050	16500	Milieu terrestre (cellule de confinement)
1989	Poste à quai	10 787	31200	
1991	Poste à quai	1 116	30 800	
2007 et 2008	Poste à quai Bassin	9 977 59 273	18 200 269 500	
2021	Bassin	48 682	24 963	Rejet en eau libre au site de déposition de Rivière-du-Loup

Source : Caroline Ratté, comm. pers. 3 et 8 février 2022, SPBSG

Rappelons que le site de rejet, d'une superficie de 3 km², est divisé en 12 quadrats utilisés en alternance d'une année à l'autre, et donc qu'un même quadrat est utilisé tous les 10 ans (en plus de 2 quadrats en réserve). De plus, ce site de rejet est connu pour être en partie dispersif. En effet, les relevés bathymétriques des quadrats du site de mise en dépôt 2006 et 2007 montrent des traces évidentes de dépôt datant de 1998 et 1999, alors que la comparaison des relevés bathymétriques au fil du temps indique des pertes de volume. La bathymétrie à haute résolution du site de mise en dépôt révèle aussi la présence de formations sédimentaires sur les fonds, signes d'un transport sableux important résultant de l'action des courants (voir rapport du Groupe-conseil Lasalle en annexe R-12).

Considérant l'utilisation actuelle et passée du site de rejet en eau libre des deux principaux projets de dragage, les prévisions futures connues du site, la méthode de rejet en eau libre consistant à utiliser en alternance 10 quadrats ainsi que la nature dispersive du site, aucun indice ne laisse croire que la capacité du site de rejet actuel ne soit pas suffisante pour les 10 prochaines années. La STQ ne peut toutefois pas avoir la certitude des futurs utilisateurs du site pour lesquels elle n'aurait pas été informée.

QC-16

L'initiateur mentionne à la section 7.5.1 de l'étude d'impact que « À ceci s'ajoute le réaménagement de la marina de façon à la rendre accessible par la mer en tout temps (Ville de Rivière-du-Loup, non daté). » L'initiateur doit mentionner de quelle manière l'augmentation de l'intensité d'utilisation du secteur a été considérée pour l'évaluation des effets cumulatifs sur les composantes valorisées, dont le béluga.

R-16 :

Le projet de la marina, qui consiste à rendre accessible la mer en tout temps, n'est plus dans les plans qui seraient mis en œuvre. À cet effet, inclure ce projet à l'évaluation des effets cumulatifs n'est plus pertinent.

5 PROGRAMME PRÉLIMINAIRE DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

5.1 PROGRAMME DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL

QC-17

Il est mentionné à la section 8.3 de l'étude d'impact « À la lumière de ces 12 campagnes de suivi, les résultats sont demeurés très similaires d'année en année et les constats ont ainsi été toujours les mêmes. L'influence des MES associées aux travaux de dragage n'était plus perceptible, dans la plupart des années de suivi au-delà de 150 m de la drague, et ce panache d'étendue restreinte présentait une variabilité régie par les conditions environnementales du milieu. » Le dernier suivi des MES a été effectué en 2013 et l'étude d'impact mentionne que ce suivi ne s'avère plus requis. Cependant, la figure 3-16, qui illustre la granulométrie au site de dragage, présente une augmentation du pourcentage d'argile et de limon entre 2013 (69,65 %) et 2021 (87,782 %), alors que le pourcentage de sable passe de 30,32 % à 12,016 %. Ce changement de granulométrie pourrait avoir une influence sur la dispersion des MES lors du dragage. À la lumière de ces informations, un suivi supplémentaire est nécessaire afin d'assurer que toute modification des conditions en place puisse être prise en compte et les méthodes de travail adaptées en conséquence. L'initiateur doit s'engager à réaliser suivi des MES au site de dragage lors de la première année des travaux en respectant les Recommandations pour la gestion des matières en suspension (MES) lors des activités de dragage (2016). L'initiateur pourra s'en tenir à un seul suivi si les données obtenues respectent les seuils établis et que les résultats montrent une constance avec les suivis réalisés dans le passé. Dans le cas contraire, l'initiateur devra poursuivre le suivi et mettre en place des mesures d'atténuation adéquates.

R-17 :

La STQ s'engage à effectuer le suivi des matières en suspension (MES) pendant les travaux de dragage de 2022 selon les Recommandations pour la gestion des MES lors des activités de dragage (MDDELCC et ECCC, 2016). La STQ est bien confiante que malgré ce changement noté dans la granulométrie, les conclusions du suivi temporel effectué jusqu'en 2013 demeureront les mêmes. Dans le cas contraire, la STQ devra voir avec le ministère à convenir d'un programme de suivi sur une plus longue période, soit au-delà de la première année de dragage et possiblement même mettre en place des mesures d'atténuation spécifiques, si possible.

6 PLAN PRÉLIMINAIRE DES MESURES D'URGENCE

Un *Plan préliminaire des mesures d'urgence – Programme décennal de dragage d'entretien - Quai de Rivière-du-Loup (2022-2031)* a été déposé le 24 novembre 2021. Certaines informations exigées dans la directive sont manquantes et l'initiateur doit s'engager à inclure ces informations dans le plan de mesure d'urgence final lequel devra être déposé lors de la demande première d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE. Les informations sont les suivantes :

1. L'initiateur énumère, à la section 1.4.3 du plan de mesure d'urgence (PMU) préliminaire, une liste de produits susceptibles d'être utilisés à bord des embarcations maritimes. L'initiateur doit mentionner dans le PMU final si ces produits constituent l'ensemble des matières dangereuses nécessaires dans le cadre des travaux et compléter la liste au besoin. De plus, il doit mentionner l'endroit où seront entreposées les matières dangereuses.
2. L'initiateur mentionne, à la section 2.8 du PMU préliminaire, « qu'en cas de situation d'urgence majeure, les communications avec le public seront faites uniquement par le Responsable des communications de la STQ, afin de préserver l'image corporative et de s'assurer de la clarté du message à diffuser. » Or, la municipalité est responsable de la communication à ses citoyens et un arrimage avec la municipalité au niveau des communications est donc nécessaire. L'initiateur doit confirmer dans le PMU final qu'un arrimage aura lieu avec la municipalité et expliquer la manière dont l'arrimage aura lieu avec la municipalité.
3. Une procédure a été élaborée par l'initiateur à la section 4.6 du PMU préliminaire en cas de déversement de produits dangereux et/ou pétroliers en milieu aquatique. Néanmoins, il n'est pas indiqué à quel moment la municipalité sera informée si une situation de la sorte devait arriver. L'initiateur doit mentionner dans le PMU final à quelle étape de la procédure la municipalité sera informée si un déversement de produit dangereux en milieu aquatique devait survenir.
4. Le tableau 3, à la section 7.6 du PMU préliminaire, liste les formations de bases visant à former tous les travailleurs, selon leurs rôles et tâches respectives. L'initiateur devra s'engager à donner une formation sur le plan de mesures d'urgence, avant le début des travaux, au service de sécurité des incendies et à l'organisation municipale en sécurité civile.
5. Un programme d'exercices de simulations est proposé par l'initiateur à la section 7.8.1 du PMU préliminaire. L'initiateur doit inclure la municipalité et particulièrement le service de sécurité incendie.
6. Une liste d'intervenants ainsi que leur numéro de téléphone ont été détaillés à la section 8.2.1 du PMU préliminaire. L'initiateur doit remplacer dans le PMU final l'intervenant Sécurité civile du Québec (Bureau régional du Bas-Saint-Laurent) au 418-727-3589 par Sécurité civile du Québec (Centre des opérations gouvernementales) au 1-866-650-1666, car c'est le numéro 24/7 officiel pour les urgences en sécurité civile.

La version finale du PMU sera déposée au moment de la demande d'autorisation ministérielle pour la première année de dragage d'entretien du programme décennal. Cette version inclura les informations décrites aux points 1 à 6. Toutefois, au point 4, il n'est pas du ressort de l'initiateur de donner une formation au service incendie et de la sécurité civile de la municipalité. Le PMU sera toutefois présenté aux autorités municipales, comme prévu.

7 COMMENTAIRES GÉNÉRAUX

Par souci de rigueur la Première Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk (PNWW) tient à rectifier certaines erreurs identifiées à la sous-section 3.4.6 « Pêches commerciales autochtones » :

- La PNWW n'est plus propriétaire d'une usine de transformation du crabe des neiges à Rimouski et les pêches associées à cette espèce se situent actuellement dans le secteur de Baie-Comeau.
- La PNWW n'est pas la seule Première Nation à pêcher l'oursin puisque les Innus en font également la collecte dans la zone 9.
- La PNWW ne pratique pas la pêche à l'oursin dans la zone 9, mais bien dans la zone 8.
- La PNWW est également actionnaire minoritaire de l'entreprise Les Crabiers du Nord, située à Portneuf-sur-Mer sur la côte nord.
- Des projets de développement aquacole à Cacouna ont été annoncés le 8 décembre dernier par le Grand Conseil de la PNWW lors d'une conférence de presse à Rivière-du-Loup.

Nous prenons bonne note de ces corrections. La section 3.4.6 sur les pêches commerciales autochtones devra être remplacée par le texte ci-bas qui intègre les corrections; les ajouts sont en caractères **gras** et les retraits en caractères **barrés** :

PÊCHES COMMERCIALES AUTOCHTONES

Depuis 2000, la Première Nation Wolastoqiyik Wahsipekuk (**PNWW**, les Malécites de Viger) **exploitait** une entreprise de pêche commerciale par l'entremise des Pêcheries Malécites dans la région. Elle a acquis des permis au crabe des neiges et à la crevette nordique. **Toutefois, elle n'est actuellement plus propriétaire de l'usine de transformation du crabe à Rimouski et les pêches associées à cette espèce se situent aujourd'hui dans le secteur de Baie-Comeau.** Elle est d'ailleurs actionnaire minoritaire de l'entreprise Les Crabiers du Nord, située sur la Côte-Nord. En 2006, elle obtient un permis exploratoire pour la pêche à l'oursin vert et en 2012, des permis compétitifs pour la pêche au poisson de fond et trois permis de buccin. Elle participe également à la pêche du concombre de mer **et est propriétaire d'une usine de transformation du crabe des neiges à Rimouski** (Première Nation Malécite de Viger, 2021 et Association de gestion halieutique Mi'gmaq et Malécite, 2021).

Elle est membre de l'Association de gestion halieutique Mi'gmaq et Malécite (AGHAMM), qui est une organisation à but non lucratif (OBNL) réunissant également la Nation Micmac de Gespeg et les Micmacs de Gesgapegiag. L'Association axe ses interventions sur la conservation et la gestion durable et collaborative du golfe du Saint-Laurent et de ses affluents, la documentation et l'intégration des savoirs autochtones, de même que la diversification des activités de pêche et d'aquaculture. (AGHAMM, 2021).

Entre 2010 et 2015, la Nation malécite a concentré ses pêches pour le crabe des neiges, dont la plus grande quantité près de la côte à la hauteur de la ville de Rimouski (zone 17). Elle a aussi pêché la crevette (zone 12, entre Forestville et Baie-Comeau) et le flétan du Groenland (zone 4T4, à la hauteur de la ville de Matane) (Arsenault et collab., 2017).

Elle est aussi la seule nation pêchant l'oursin vert, pêche effectuée par plongée, tôt le printemps et à l'automne, dans **la zone 8 et 9** de l'estuaire à la hauteur de la Ville (Arsenault et collab., 2017). La communauté a confirmé, lors de la consultation du MELCC que cette pêche se fait plus particulièrement au sud de l'île aux Lièvres, au nord-ouest de RDL (MELCC, 2021b, comm. pers.). De plus, des projets de développement aquacole à Cacouna ont été annoncés le 8 décembre dernier par le Grand Conseil de la PNWW lors d'une conférence de presse à Rivière-du-Loup¹.

¹ <https://cimtchau.ca/nouvelles/le-projet-daquaculture-continue-davancer-pour-la-premiere-nation-malecite-de-viger/>
<https://malecites.ca/calendrier/confERENCE-de-presse-du-grand-chef-jacques-tremblay>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC (AONQ), 2021. Données consultées sur le site de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (www.atlas-oiseaux.qc.ca). Regroupement Québec Oiseaux, Service canadien de la faune d'Environnement Canada et Études d'Oiseaux Canada. Québec, Québec, Canada
- CENTRE SAINT-LAURENT, 1996. *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent.* Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement – et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. « BILANS Saint-Laurent ».
- CIMA+, 2009. Étude d'impact sur l'environnement des travaux d'amélioration et de réparations majeures aux quais de Rivière-du-Loup. Rapport Final. Tome 2 « Dragage ». Projet n°R00877A, Janvier 2009.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2002a. Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 1 : Directives de planification. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport 106 pages.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2002b. Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 2 : Manuel du praticien de terrain. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport 107 pages.
- ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC (EC ET MDDEP), 2007. Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration. 39 pages.
- ENVIRONNEMENT CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC), 2021. Programme de rétablissement et plan d'action du bar rayé (Morone saxatilis), population du fleuve Saint-Laurent, au Canada. En ligne : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/retablissement/bar-raye-2021-finale.html#toc11>
- GROUPE CONSEIL LASALLE INC (LASALLE), 2008. Reconstruction du quai de Rivière-du-Loup-Étude sur le dragage d'entretien et les modes de dispersions des sédiments dragués. 54 p + annexe.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENT CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (MDDELCC et ECCC), 2016. Recommandations pour la gestion des matières en suspension (MES) lors des activités de dragage. Québec. 64 pages et annexes.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC), 2010. En ligne : https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/DepotNumerique_v2/AffichageFichier.aspx?idf=33043. Consulté le 30 janvier 2022
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP), 2016. Le gobie à taches noires (Neogobius melanostomus). En ligne : En ligne : <https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/envahissantes/gobie-taches-noires/>.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP), 2021. Rorqual bleu. En ligne : <https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=67>.

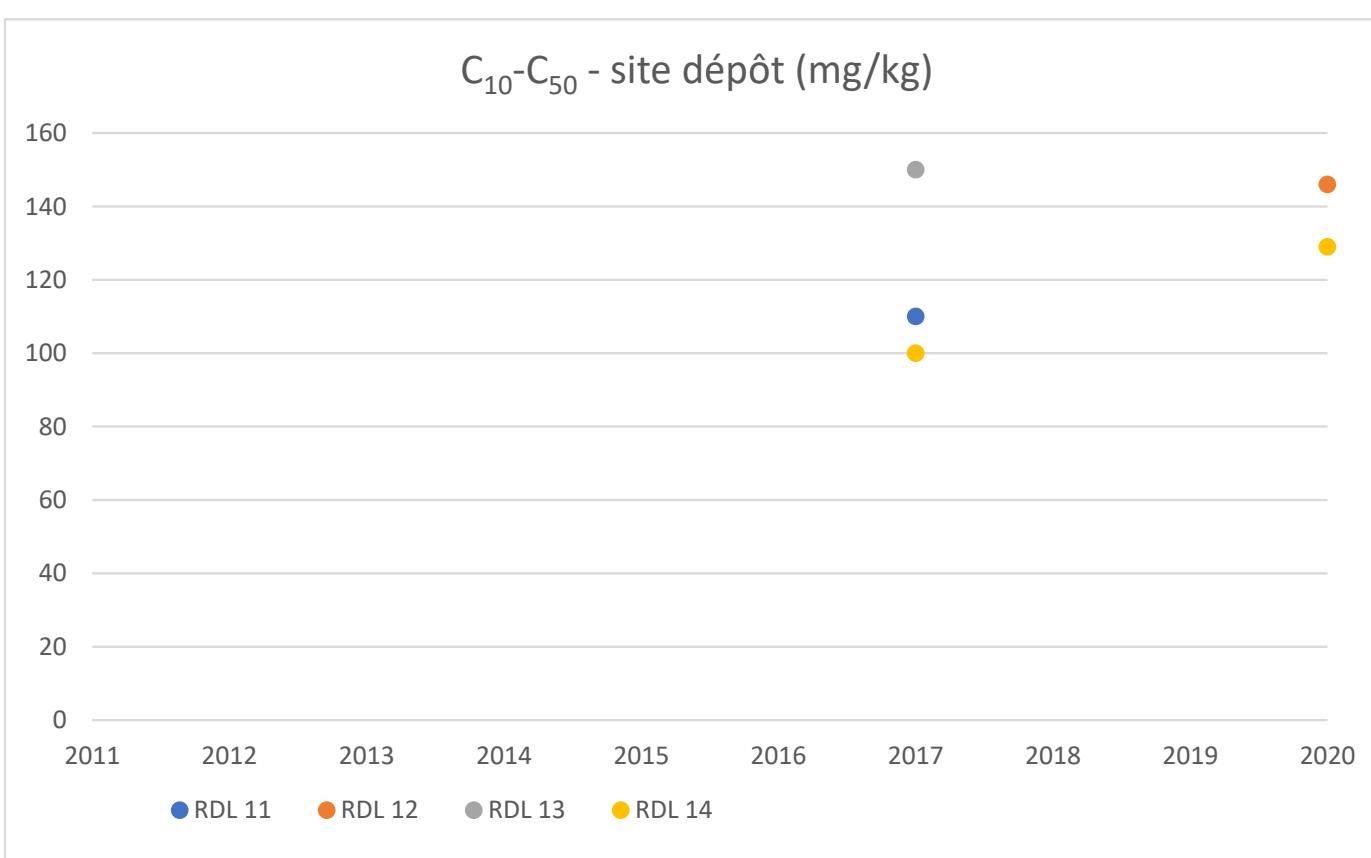
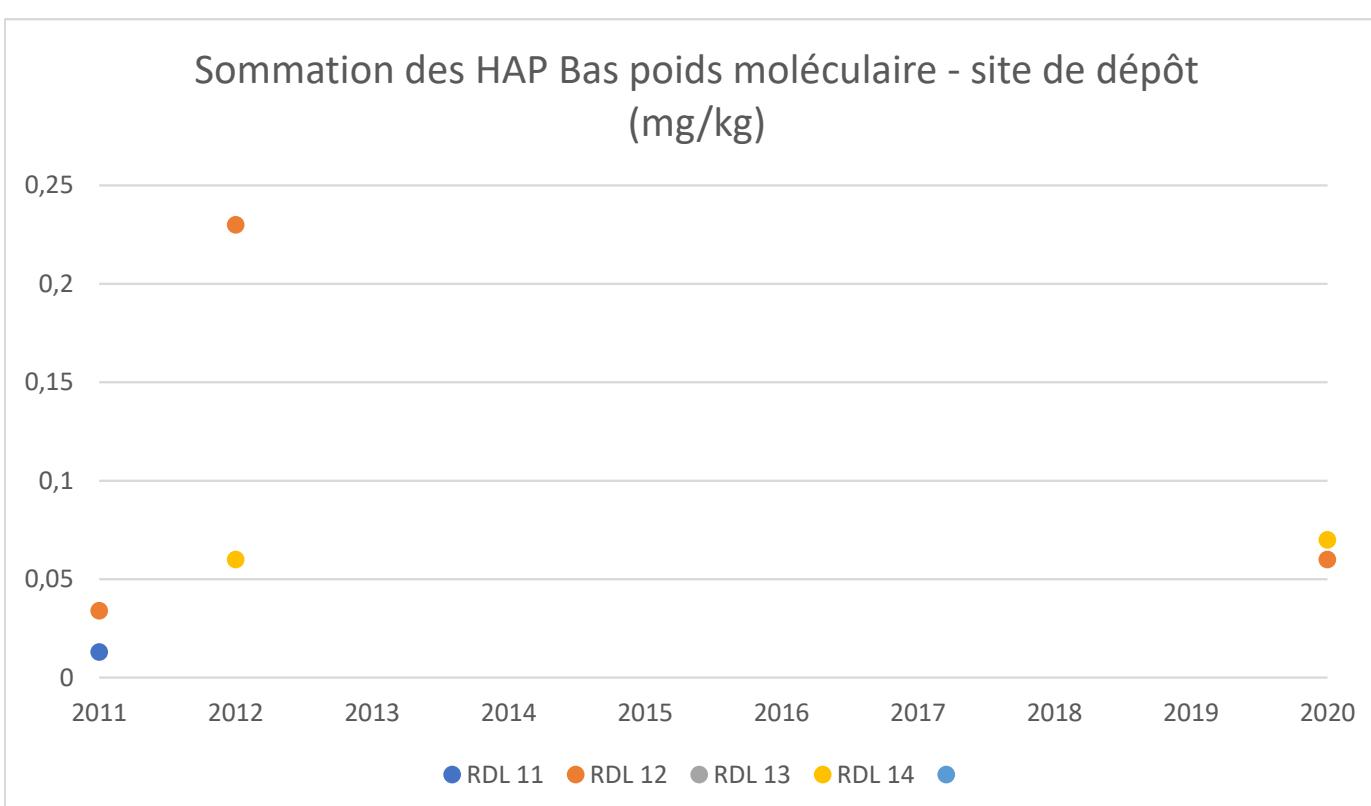
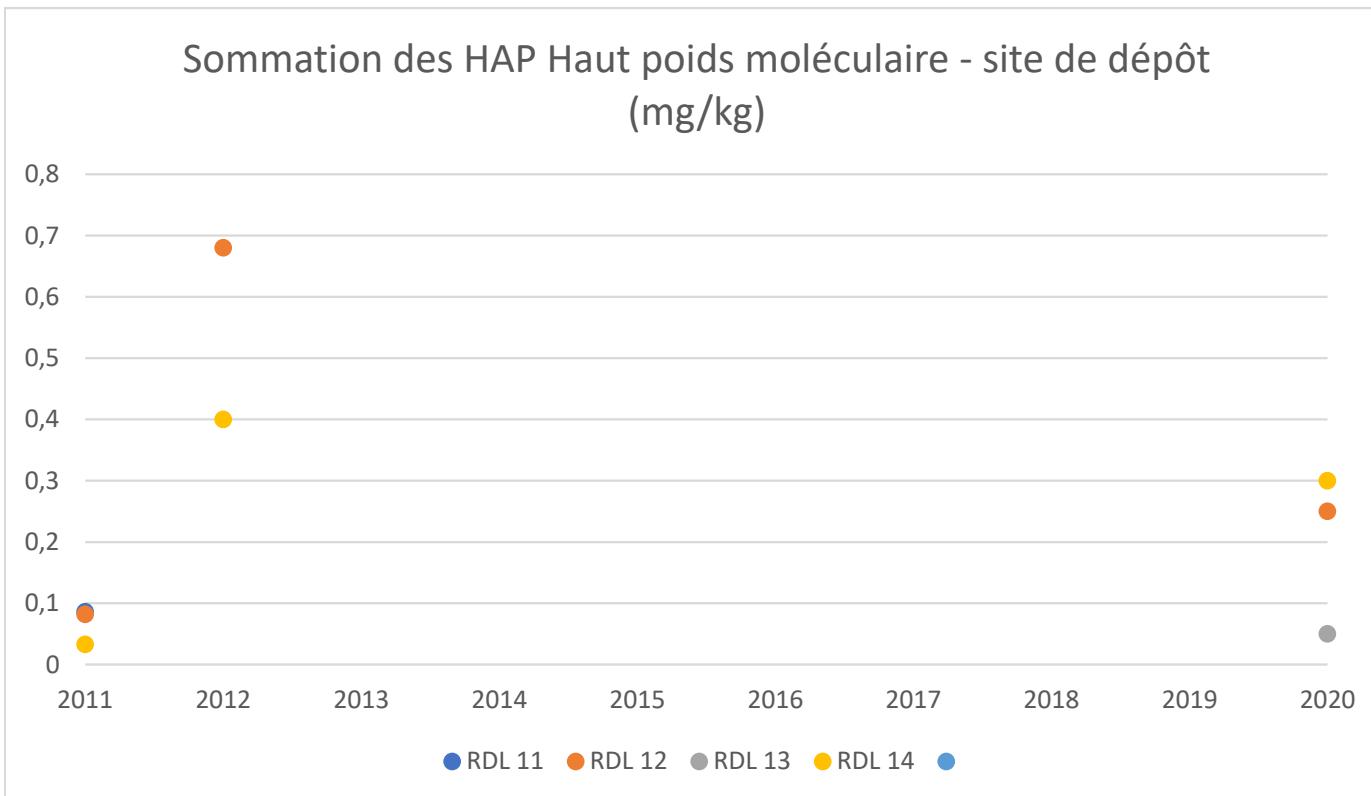
- MOUSSEAU P., GAGNON M., BERGERON P., LEBLANC J. ET SIRON R., (1998). *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques de l'estuaire moyen du Saint-Laurent*. Ministère des Pêches et des Océans – Région Laurentienne, Division de la Gestion de l'habitat et des sciences de l'environnement, Institut Maurice-Lamontagne et Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 15, 16 et 17. xxvi + 309 pages.
- MPO, 2018. Identification des habitats importants pour le rorqual bleu dans l'ouest de l'Atlantique Nord En ligne. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/40707441.pdf> .
- PETERSON, R. T., 2007. Les oiseaux du Québec et de l'est de l'Amérique du Nord. Le nouveau Guide Peterson. 3e édition. 336 pages.
- PROCÉAN, 2006. Étude de la richesse et de la biomasse de la faune benthique, Rivière-du-Loup, 2005. 206 p + annexes.
- PROCÉAN, 2006b. Étude courantométrique au site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup. 18p.
- PROCÉAN, 2008. Étude de la régénération de la faune benthique au site de mise en dépôt des matériaux dragués à Rivière-du-Loup. 20 p.
- SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE (SCF), 1994. Faune et flore du pays - Le Canard noir. En ligne : <https://www.hww.ca/fr/faune/oiseaux/le-canard-noir.html>. Consulté le 3 février 2022
- SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE (SCF), 2005. Faune et flore du pays - La Grande Oie des neiges. En ligne : <https://www.hww.ca/fr/faune/oiseaux/la-grande-oie-des-neiges.html>. Consulté le 3 février 2022

ANNEXE

R-4

FIGURES 3-19 ET 3-20 MISES À JOUR

AJOUT FIGURES 3-20



AJOUT FIGURES 3-19

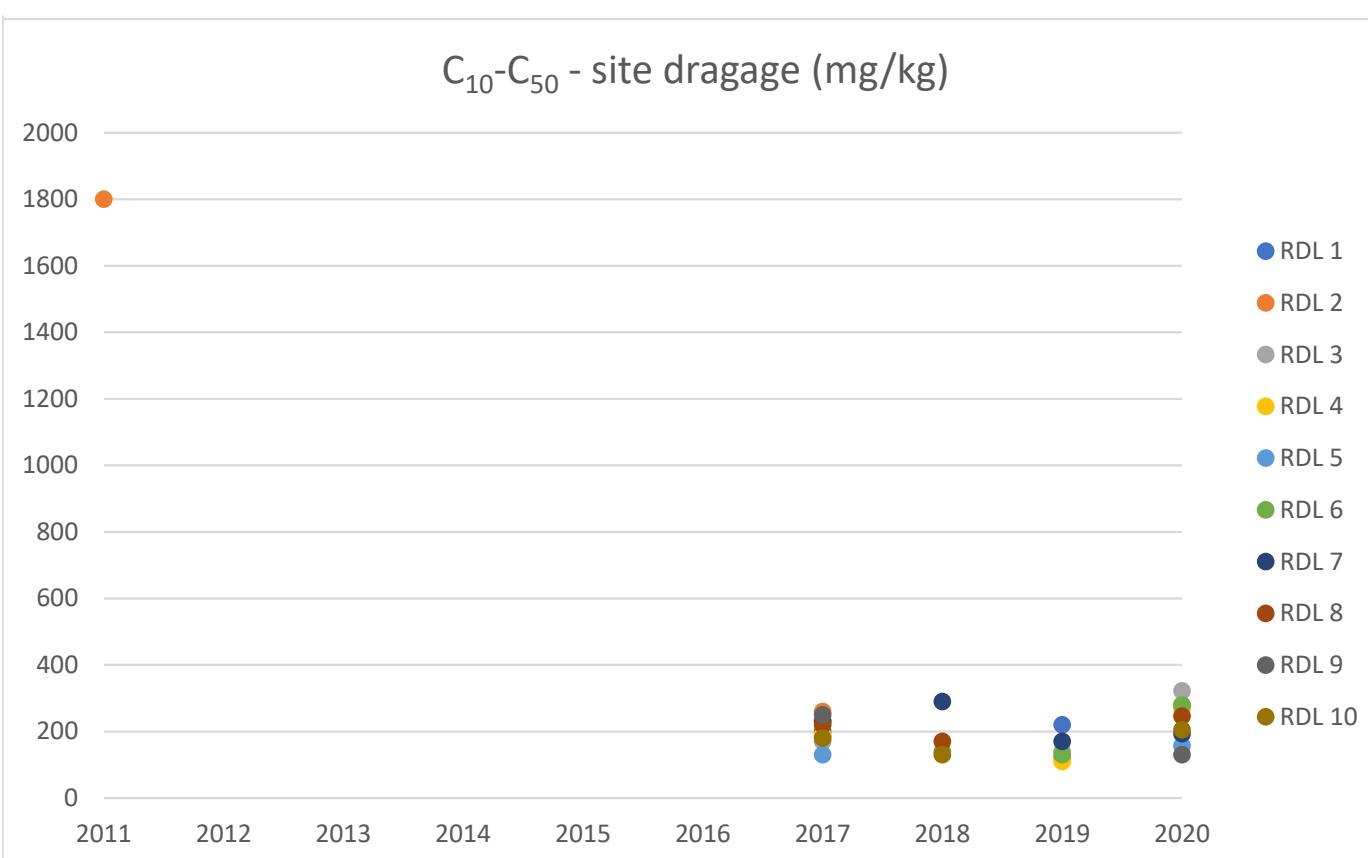
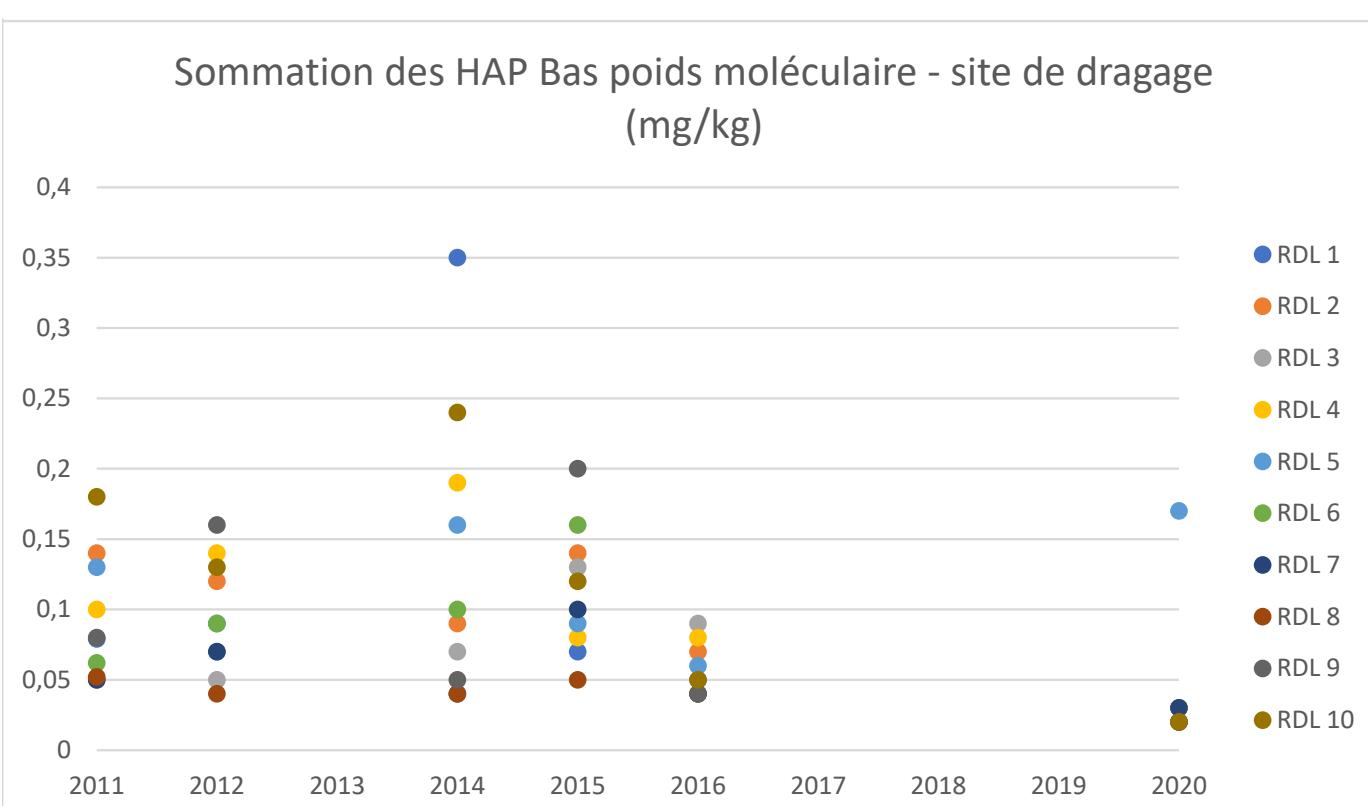
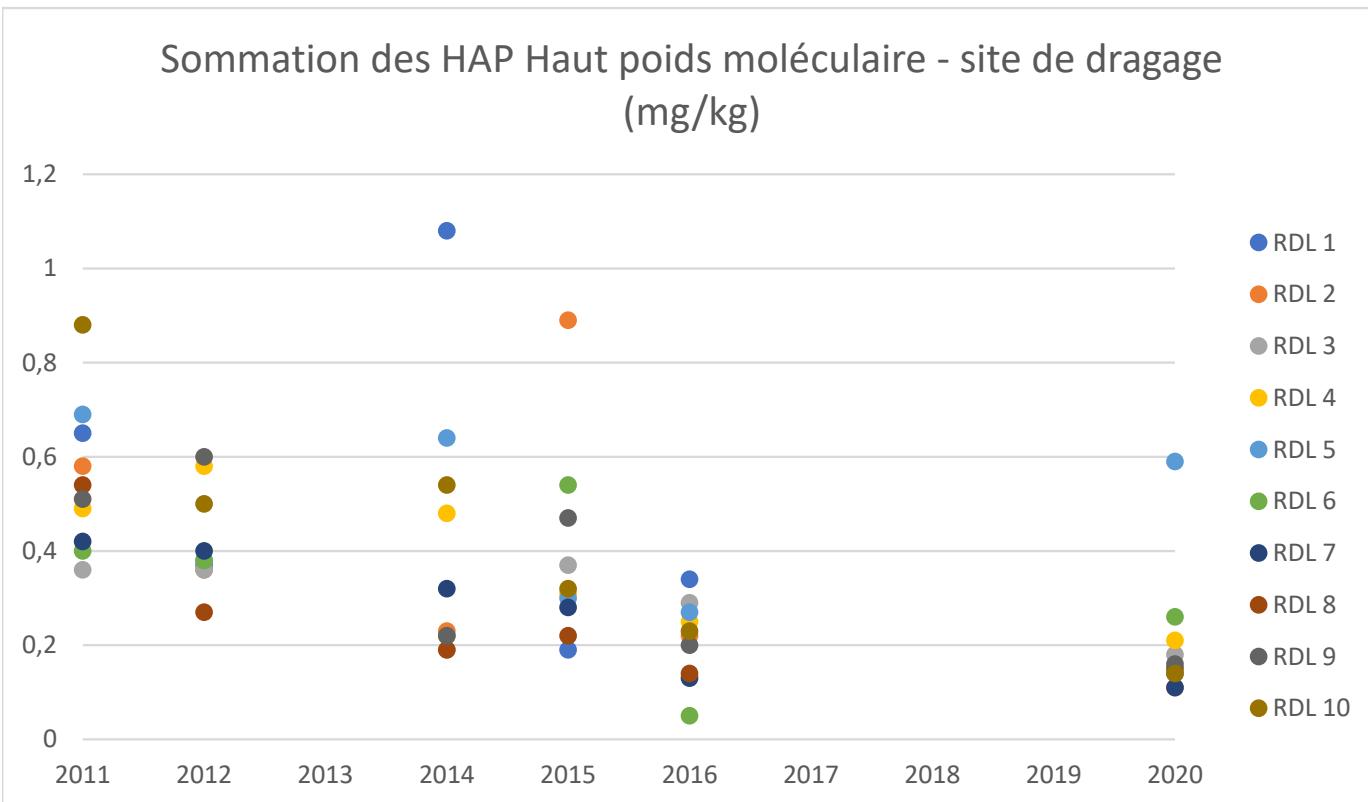


Tableau QC-4 (Station 01)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽²⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 1 - Site de dragage											
						RDL11-01	RDL12-01	RDL13-01	RDL14-01	RDL15-01	RDL16-01	RDL17-01	RDL18-01	RDL19-01	RDL20-01	RDL21-01	
						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<250	<150	<120	200	<100	220	<100	101	
Autre composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	3,10	3,67	2,90	3,54	2,58	2,85	3,90	3,80	-	4,80	4,66	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	0,008	<0,006	<0,06	0,021	<0,006	<0,02	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,006	<0,003	
Acénaphthène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,008	<0,006	<0,1	0,013	0,006	<0,02	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,006	0,004	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,010	0,010	<0,1	0,053	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,047	0,031	<0,06	0,136	0,020	0,036	0,024	<0,010	0,030	<0,02	0,040	
Benz(a)pyrène	0,034	0,089	0,23	0,76	1,70	0,050	0,031	<0,06	0,164	0,030	0,040	0,025	0,010	0,028	0,020	0,040	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,017	0,037	0,020	0,020	0,020	
Benz(j)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,016	<0,02	0,020	0,020	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,015	<0,02	0,020	0,020	
Benz(b+j+k) fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a,h,j)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Chrysène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,060	0,044	<0,06	0,160	0,040	0,124	0,042	0,018	0,043	0,030	0,060	
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,009	<0,006	<0,06	0,027	<0,006	<0,02	0,005	<0,0030	0,006	0,006	0,013	
Dibenzo(a,j)pyrène	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,1	<0,03	<0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,1	<0,03	<0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Diméthyl-7,12benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,096	0,065	<0,06	0,327	0,050	0,074	0,035	0,021	0,058	0,040	0,060	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,06	0,029	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Indénol-1,2,-3,c,d) pyrène	-	-	-	-	-	-	0,037	0,024	0,121	0,020	0,031	0,022	0,013	0,023	<0,02	0,030	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,1	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,010	0,018	<0,1	0,023	0,030	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,062	0,057	<0,06	0,216	0,030	0,049	0,016	0,010	0,024	0,020	0,020	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,081	0,054	<0,06	0,266	0,050	0,062	0,030	0,018	0,048	0,040	0,050	
Méthyl-1 naphthalène	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Méthyl-2 naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,1	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,015	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,014	<0,02	<0,01	
Triméthyl-2,3,5 naphthalène	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,079	0,090	-	0,350	0,070	0,050	-	-	-	0,020	0,020	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,650	0,370	-	1,080	0,190	0,340	-	-	-	0,140	0,260	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C-3 IUPAC #17 + #18	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,009	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-3 IUPAC #33	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-4 IUPAC #52	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #99	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #87	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-5 IUPAC #82	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #132	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #105	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #158 + #138	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-7 IUPAC #197	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-7 IUPAC #183	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #128	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C-7 IUPAC #180	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,006	<0,045	<0,005	<0,013	<0,010	<				

Tableau QC-4 (Station 02)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽ⁱ⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 2 - Site de dragage											
						RDL11-02	RDL12-02	RDL13-02	RDL14-02	RDL15-02	RDL16-02	RDL17-02	RDL18-02	RDL19-02	RDL20-02	RDL21-02	
	1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021						
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	-	-	-	-	-	1800	<100	<100	<100	<100	260	<100	120	280	103		
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	2,86	3,50	4,24	2,14	2,62	3,17	3,80	3,20	-	3,40	2,55	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	0,008	0,006	<0,3	0,005	<0,003	0,004	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,006	<0,003	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,009	<0,006	<0,7	0,004	0,022	0,008	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,006	<0,003	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	0,030	<0,010	<0,7	0,009	0,029	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,045	0,030	<0,3	0,028	0,125	0,029	0,02	0,025	0,038	<0,02	0,020	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,041	0,029	<0,3	0,030	0,136	0,032	0,019	0,025	0,036	<0,02	0,020	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,043	0,020	0,030		
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	0,019	<0,02	0,020		
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,012	0,017	<0,02	0,020		
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,092	0,093	<0,3	0,071	0,241	0,075	0,049	-	0,020	0,070		
Benz(Ph)phénanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a,h,i)pyrène	-	-	-	-	-	0,038	0,030	<0,3	0,027	0,086	0,033	0,018	0,022	0,031	<0,02	0,020	
Chrysophénène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,058	0,047	<0,3	0,042	0,309	0,043	0,03	0,034	0,063	0,030	0,040	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,008	<0,006	<0,3	0,005	0,026	0,007	0,0037	0,0059	<0,006	0,009		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,7	<0,01	0,020	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,7	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,7	<0,01	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Diméthyl-1,2(benzol[a]anthracène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,092	0,055	<0,3	0,066	0,132	0,058	0,037	0,045	0,071	0,040	0,060	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	0,012	<0,010	<0,3	0,008	0,011	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Indénol (1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,031	0,024	<0,3	0,023	0,087	0,028	0,018	0,021	0,027	<0,02	0,020	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,7	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	0,014	0,011	<0,6	0,013	0,020	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,061	0,044	<0,3	0,045	0,053	0,034	0,017	0,018	0,033	0,020	0,030	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,082	0,052	<0,3	0,055	0,158	0,061	0,03	0,036	0,059	0,040	0,050	
Méthyl-1-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	0,005	0,006	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Méthyl-2-naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	0,010	<0,010	<0,6	0,008	0,008	0,006	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Triméthyl-1,3-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,140	0,120	-	0,090	0,140	0,070	-	-	-	0,020	0,030	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,580	0,360	-	0,230	0,890	0,220	-	-	-	0,110	0,200	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-8 IUPAC #199	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-9 IUPAC #208	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-8 IUPAC #195	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<0,005	<0,006	-	-	-	<0,010	<0,050	
C1-8 IUPAC #194	-	-	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,008	<0,024	<							

Tableau QC-4 (Station 03)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ^(a)					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 3 - Site de dragage											
						RDL11-03	RDL12-03	RDL13-03	RDL14-03	RDL15-03	RDL16-03	RDL17-03	RDL18-03	RDL19-03	RDL20-03	RDL21-03	
						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	170	<100	140	322	<100	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	3,64	2,36	2,24	1,66	2,72	3,58	3,00	2,80	-	4,40	5,18	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,006	0,006	<0,06	0,005	<0,006	<0,0030	<0,0030	<0,006	<0,003	<0,006	<0,003	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,008	<0,006	<0,1	0,008	0,011	0,012	<0,030	0,003	<0,0030	<0,006	<0,003	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,010	<0,010	<0,5	0,010	0,030	0,017	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,027	0,032	<0,06	0,022	0,060	0,043	0,022	0,023	0,028	0,020	<0,01	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,027	0,035	<0,06	0,031	0,060	0,043	0,018	0,024	0,026	0,020	<0,01	
Benz(e)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,028	0,031	0,020	
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,013	0,013	<0,02	
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,012	0,012	<0,01	
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	<0,01	
Benz(a)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,005	<0,01	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	<0,01	
Benz(a)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	<0,01	
Chrysène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,040	0,045	0,070	0,034	0,070	0,057	0,034	0,034	0,045	0,030	<0,01	
Dibenz(a)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,006	<0,006	<0,06	0,005	0,011	0,011	<0,030	0,0037	0,004	0,007	<0,003	
Dibenz(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,1	<0,01	<0,02	<0,02	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Dibenz(a)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Dibenz(a)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	<0,01	
Dibenz(a)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	<0,01	
Diméthyl-7,12benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,006	<0,01	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,056	0,055	0,056	0,049	0,100	0,074	0,057	0,044	0,047	0,050	<0,01	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,06	0,007	0,010	<0,01	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Indén. 1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,022	0,026	0,025	0,040	0,038	0,017	0,022	0,019	0,020	0,02	<0,01	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,005	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,010	<0,010	<0,05	<0,005	0,020	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,043	0,039	0,036	0,060	0,044	0,041	0,018	0,016	0,020	<0,01	<0,01	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,053	0,050	0,044	0,080	0,063	0,044	0,037	0,046	0,050	<0,01	<0,01	
Méthyl-1-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,006	<0,01	<0,011	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Méthyl-2-naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,010	<0,005	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,006	<0,020	<0,01	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Summation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,050	0,050	-	0,070	0,130	0,090	-	-	0,020	<0,01	<0,01	
Summation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,360	0,360	-	0,190	0,370	0,290	-	-	0,180	<0,01	<0,01	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,007	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #57	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,005	<0,007	<0,010	<0,010	<0,010	<0,050	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,007	<0,005	<0,007	<0,005	<0,022	<0,00						

Tableau QC-4 (Station 04)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽ⁱ⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 4 - Site de dragage											
						RDL11-04	RDL12-04	RDL13-04	RDL14-04	RDL15-04	RDL16-04	RDL17-04	RDL18-04	RDL19-04	RDL20-04	RDL21-04	
						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	190	<100	110	269	<100	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	2,58	3,70	2,85	3,18	3,23	3,46	3,10	3,30	-	4,40	3,26	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	0,006	0,010	<0,05	0,011	<0,006	0,005	<0,0030	<0,0030	<0,003	<0,003	<0,003	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,006	0,015	<0,1	0,018	0,008	0,005	0,003	<0,0030	<0,0030	0,004	0,004	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	0,018	0,015	<0,5	0,041	0,020	0,011	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,038	0,053	<0,05	0,065	0,040	0,032	0,022	0,02	0,035	0,020	0,030	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,035	0,053	<0,05	0,072	0,050	0,033	0,019	0,022	0,027	0,030	0,030	
Benz(e)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,022	0,037	0,030	0,030	
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011	0,014	0,020	0,020	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,015	0,020	0,010	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,078	0,137	<0,05	0,164	0,100	0,086	0,047	-	0,070	0,060	-	
Benz(d)phénanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,05	<0,005	<0,01	<0,005	<0,010	<0,011	<0,01	<0,01	<0,01	
Benz(g, h, i)pyrène	-	-	-	-	-	0,039	0,046	<0,05	0,051	0,030	0,035	0,018	0,029	0,030	0,020	0,020	
Chrysophénène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,048	0,067	<0,05	0,078	0,060	0,047	0,032	0,026	0,067	0,040	0,040	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,006	0,009	<0,05	0,012	0,008	0,006	0,0038	0,0051	0,007	0,005	-	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,05	<0,01	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,05	<0,01	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,05	<0,01	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,2(benzol[a]anthracène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,05	<0,007	<0,01	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,082	0,097	0,050	0,143	0,090	0,071	0,042	0,039	0,049	0,050	0,050	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,05	0,016	<0,01	<0,006	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Indénol (1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,026	0,036	<0,05	0,050	0,030	0,030	0,019	0,016	0,022	0,020	0,020	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,023	<0,01	<0,01	-	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	0,011	0,023	<0,09	<0,005	0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	1,10	0,057	0,074	<0,05	0,101	0,040	0,044	0,025	0,021	0,017	0,030	0,020	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,066	0,085	<0,05	0,114	0,070	0,060	0,035	0,032	0,056	0,060	0,050	
Méthyl-1-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	
Méthyl-2-naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,05	<0,009	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,100	0,140	-	0,190	0,080	0,080	-	-	-	0,030	0,020	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,490	0,580	-	0,480	0,310	0,250	-	-	-	0,210	0,210	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #132	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #187	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #183	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #128	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #190	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<0,005	<0,007	<0,007	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,005	<0,007	<0,006	<								

Tableau QC-4 (Station 05)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

NOTES:

⁽¹⁾. Limite de détection rapportée par le laboratoire d'analyse

⁽²⁾ : Définitions des critères Env. Canada et MDDEP 2007 (eau salée) :

CER Concentration d'effets rares

CSE Concentration seuil produisant un effet

CEO Concentration d'effets occasionnels

CEP Concentration d'effets probables
CEE Concentration d'effets exceptionnels

CEF Concentration d'effets fréquent

Tableau QC-4 (Station 06)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ^(a)					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 6 - Site de dragage											
						RDL11-06	RDL12-06	RDL13-06	RDL14-06	RDL15-06	RDL16-06	RDL17-06	RDL18-06	RDL19-06	RDL20-06	RDL21-06	
	1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021						
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<200	<200	<100	<230	<200	<150	230	140	130	279	110	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	3,63	4,00	3,06	3,41	2,75	3,24	4,50	3,50	-	4,60	5,92	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	0,009	0,009	<0,06	0,042	<0,007	<0,02	<0,030	<0,030	<0,006	<0,003		
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,008	<0,06	<0,12	0,016	<0,02	<0,030	0,004	<0,030	<0,006	<0,003		
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,010	<0,010	<0,5	<0,02	0,030	<0,04	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,027	0,030	<0,06	0,026	0,060	<0,04	0,019	0,022	0,018	0,030	0,020	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,030	0,028	<0,06	0,030	0,070	<0,04	0,019	0,021	0,02	0,030	0,020	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,05	0,025	0,034	0,030	0,030	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	0,012	0,012	0,020	0,020	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	0,011	0,020	0,010	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,070	0,060	
Benz(Ph)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(Ph)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,020	<0,06	<0,03	<0,04	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(Ph)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(Ph)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Chrysanthème	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,043	0,047	<0,06	0,041	0,090	<0,04	0,03	0,03	0,03	0,050	0,030	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,006	<0,006	<0,01	0,014	<0,02	0,003	0,033	0,035	0,011	0,005		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,04	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,04	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,04	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Diméthyl-1,2benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,055	0,069	<0,06	0,069	0,160	0,045	0,034	0,038	0,034	0,070	0,050	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Indén(1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,025	0,026	<0,06	0,027	0,050	<0,04	0,018	0,018	<0,019	0,020	0,020	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,017	<0,02	<0,01		
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,020	0,014	<0,06	0,026	0,040	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,045	0,064	<0,06	0,049	0,160	<0,04	0,015	0,023	0,014	0,030	0,020	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,051	0,057	<0,06	0,058	0,130	<0,04	0,028	0,033	0,029	0,070	0,040	
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Diméthyl-1,3naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Triméthyl-2, 3 naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01		
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,062	0,090	-	0,100	0,160	-	-	-	-	0,030	0,020	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,400	0,380	-	0,220	0,540	0,050	-	-	-	0,260	0,170	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #77 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,011	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,005	<0,006	<0,008	<0,009	<0,005	<0,01						

Tableau QC-4 (Station 07)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ^(a)					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)													
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 7 - Site de dragage													
						RDL11-07	RDL12-07	RDL13-07	RDL14-07	RDL15-07	RDL16-07	RDL17-07	RDL18-07	RDL19-07	RDL20-07	RDL21-07			
	1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021								
Hydrocarbures pétroliers																			
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<150	<100	<230	<100	<150	230	290	170	193	169				
Autres composés organiques																			
Carbone organique total	-	-	-	-	-	3,62	3,57	3,13	3,49	2,47	3,79	3,70	3,80	-	4,00	4,93			
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																			
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,006	0,008	<0,3	<0,008	<0,006	<0,02	<0,030	<0,030	<0,006	<0,003				
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,010	<0,006	0,8	<0,008	0,009	<0,02	<0,030	<0,030	<0,006	<0,003				
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,010	<0,010	0,8	<0,02	0,020	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01				
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,030	0,033	<0,3	0,042	0,040	<0,03	0,021	<0,018	0,024	<0,02	0,020			
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,032	0,033	<0,3	0,041	0,040	<0,03	0,018	0,02	0,022	<0,02	0,020			
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,022	0,034	0,020	0,020		
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,015	<0,02	0,010		
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,014	<0,02	0,010		
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,040			
Benz(0)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,3	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01			
Benz(0)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,018	0,024	<0,02	0,020	
Benz(0,1)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Benz(0,1)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Chrysophénène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,043	0,057	<0,3	0,057	0,050	0,040	0,032	0,027	0,039	0,030	0,040			
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,006	<0,006	<0,3	<0,008	0,007	<0,02	0,0032	0,0038	0,0037	<0,006	0,004			
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	0,8	<0,03	<0,02	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Diméthyl-1,2benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,063	0,063	<0,3	0,096	0,080	0,050	0,033	0,031	0,054	0,040	0,050			
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,3	<0,02	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Indén(1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,030	0,026	<0,3	0,029	0,030	<0,03	0,018	0,019	0,021	<0,02	0,010			
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,8	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,020	0,014	<0,8	<0,02	0,020	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	1,10	0,040	0,051	<0,3	0,043	0,040	0,040	0,014	0,018	0,026	0,030	0,020			
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,053	0,050	<0,3	0,085	0,070	0,044	0,027	0,026	0,044	0,040	0,040			
Méthyl-1-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Méthyl-2-naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,8	<0,02	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Triméthyl-2, 3 naphthalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,3	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01			
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,050	0,070	-	-	0,040	0,100	0,040	-	-	0,030	0,020			
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	-	-	0,420	0,400	-	0,320	0,280	0,130	-	-	0,110	0,170		
Biphényles polychlorés (BPC)																			
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #57	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-7 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007	<0,008	<0,007	<0,005	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010			
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,007												

Tableau QC-4 (Station 08)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ^(a)					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 8 - Site de dragage											
						RDL11-08	RDL12-08	RDL13-08	RDL14-08	RDL15-08	RDL16-08	RDL17-08	RDL18-08	RDL19-08	RDL20-08	RDL21-08	
						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<150	<200	<100	<220	<200	<140	220	170	<100	246	162	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	3,54	3,66	2,91	3,35	2,63	0,51	3,40	5,50	-	4,30	5,14	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,006	<0,006	<0,07	<0,008	<0,006	<0,02	<0,030	<0,011	<0,0030	<0,006	0,008	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,009	<0,006	<0,1	<0,008	0,006	<0,02	<0,030	<0,010	<0,0030	<0,006	<0,003	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,010	<0,010	<0,1	<0,02	0,010	<0,03	<0,010	0,033	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,037	0,020	<0,07	0,022	0,030	<0,03	0,024	0,076	0,018	<0,02	0,040	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,038	0,020	<0,07	0,030	0,040	<0,03	0,023	0,053	0,018	0,020	0,040	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,056	0,027	0,020	0,040	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,028	0,011	<0,02	0,030	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,025	<0,010	<0,02	0,030	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,095	0,070	<0,07	0,041	0,070	0,045	0,052	-	0,020	0,100	-	
Benz(o)phénanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	0,012	<0,010	<0,02	<0,01	
Benz(o)pyrène	-	-	-	-	-	0,036	0,026	<0,07	0,028	0,020	0,035	0,018	0,031	0,02	0,020	0,030	
Chrysophénène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,053	0,035	<0,07	0,039	0,040	0,042	0,035	0,083	0,03	0,030	0,070	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,008	<0,006	<0,07	<0,008	<0,006	<0,02	0,004	0,0078	0,0032	0,007	0,008	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,06	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,06	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,06	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,2(benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,079	0,044	<0,07	0,052	0,060	0,055	0,042	0,17	0,039	0,040	0,100	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	0,016	<0,010	<0,02	<0,01	
Indén(1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,030	0,020	<0,07	0,026	0,030	0,03	0,02	0,035	0,018	<0,02	0,020	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,02	<0,010	<0,07	<0,02	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,02	0,010	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,043	0,038	<0,07	0,036	0,020	0,037	0,019	0,11	0,016	0,020	0,040	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,071	0,038	<0,07	0,046	0,050	0,046	0,035	0,13	0,032	0,050	0,080	
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	0,011	<0,010	<0,02	<0,01	
Diméthyl-1,3-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Triméthyl-2, 3 naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,07	<0,02	<0,01	<0,03	<0,010	<0,010	<0,02	<0,01	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,052	0,040	-	0,040	0,050	0,040	-	-	-	0,020	0,060	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,540	0,270	-	0,190	0,220	0,140	-	-	-	0,150	0,340	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #77 + #18	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #132	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #106	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #187	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #183	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-8 IUPAC #128	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,007	<0,009	<0,008	<0,044	<0,005	<0,010	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0											

Tableau QC-4 (Station 09)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ^(a)					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 9 - Site de dragage											
						RDL11-09	RDL12-09	RDL13-09	RDL14-09	RDL15-09	RDL16-09	RDL17-09	RDL18-09	RDL19-09	RDL20-09	RDL21-09	
	1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021						
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<150	<100	<240	<100	<150	250	<100	<100	130	122		
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	2,15	3,55	2,40	3,97	3,08	4,38	3,80	5,10	-	4,70	4,78	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,006	0,010	<0,06	<0,007	0,020	<0,009	<0,0030	<0,0030	<0,003	<0,003	<0,003	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,017	<0,006	<0,1	<0,007	0,012	<0,009	0,003	<0,0030	0,004	<0,003	<0,003	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	0,018	0,022	<0,1	<0,02	0,030	<0,03	<0,010	<0,010	0,021	<0,01	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,055	0,058	<0,06	0,029	0,060	0,025	0,03	0,014	0,13	0,020	0,020	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,053	0,052	<0,06	0,031	0,070	0,029	0,026	0,013	0,083	0,020	0,020	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	0,079	0,020	0,030
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,046	<0,01	0,020
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,04	<0,01	0,020
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,070	
Benz(d)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	0,024	<0,01	<0,01
Benz(e)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,015	0,041	0,020
Benz(a,h,i)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	
Chrysophénane	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,069	0,070	<0,06	0,044	0,080	0,040	0,043	0,023	0,14	0,030	0,030	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,009	0,008	<0,06	<0,007	0,010	<0,009	0,005	<0,030	0,012	0,005	0,005	0,005
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,020	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Diméthyl-7,12benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,077	0,106	<0,06	0,063	0,130	0,055	0,065	0,029	0,23	0,040	0,060	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,010	0,016	<0,06	<0,02	0,020	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indén. 1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,034	0,035	<0,06	0,028	0,040	0,024	0,024	0,013	0,043	0,010	0,020	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,010	0,012	<0,06	<0,02	0,020	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,049	0,069	<0,06	0,054	0,110	0,036	0,031	0,015	0,06	0,020		
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,077	0,103	<0,06	0,052	0,120	0,046	0,044	0,025	0,19	0,040	0,050	
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,3naphtalène	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,06	<0,02	<0,01	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,080	0,160	-	0,050	0,200	0,040	-	-	0,020	0,020		
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,510	0,600	-	0,220	0,470	0,200	-	-	0,160	0,190		
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,006	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #57	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	<0,010	<0,080	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,011	<0,010	&						

Tableau QC-4 (Station 10)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽¹⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 10 -Site de dragage											
						RDL11-10	RDL12-10	RDL13-10	RDL14-10	RDL15-10	RDL16-10	RDL17-10	RDL18-10	RDL19-10	RDL20-10	RDL21-10	
Hydrocarbures pétroliers						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<150	<200	<100	<210	<150	<120	180	130	<100	205	<100	
Autres composés organiques	-	-	-	-	-	3,04	8,30	2,50	3,24	2,64	2,90	2,80	2,10	-	3,10	3,90	
Carbone organique total	-	-	-	-	-												
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	0,011	0,009	<0,05	0,028	<0,003	0,008	<0,0030	<0,0030	0,009	<0,003	<0,003	<0,003
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	0,011	<0,006	<0,1	<0,008	0,011	<0,007	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,003	<0,003	<0,003
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	0,043	0,036	<0,1	0,041	0,020	<0,02	<0,010	<0,010	0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,073	0,049	<0,05	0,079	0,041	0,031	0,037	0,023	0,031	0,010	0,010	0,020
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,068	0,043	<0,05	0,075	0,056	0,031	0,025	0,022	0,028	0,020	0,020	0,020
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,029	0,028	0,020	0,020	0,020
Benz(a)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,012	0,014	0,010	0,010	0,010
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011	0,013	0,010	0,010	0,010
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	0,140	0,103	<0,05	0,146	0,108	0,045	0,053	-	0,040	0,040
Benz(ah)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Benz(ah)phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,03	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Benz(g, h, i)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,03	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Benz(g, h, i)pyrène	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysanthème	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,088	0,072	<0,05	0,089	0,057	0,045	0,039	0,036	0,04	0,030	0,030	0,030
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	0,012	0,008	<0,05	0,018	0,010	<0,007	0,0037	0,0038	0,0049	0,007	0,004	0,004
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,03	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,03	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,03	0,010	<0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diméthyl-7,12(benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,005	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,140	0,075	<0,05	0,156	0,082	0,068	0,058	0,048	0,058	0,030	0,040	0,040
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	0,013	0,014	<0,05	0,028	0,012	<0,02	<0,010	<0,011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indén(1, 2, 3, d) pyrène	-	-	-	-	-	0,045	0,035	<0,05	0,056	0,040	0,022	0,019	0,018	0,02	0,020	0,010	0,010
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	0,010	0,019	<0,05	0,020	0,013	<0,02	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,092	0,060	<0,05	0,144	0,056	0,043	0,03	0,026	0,044	0,020	0,020	0,020
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,120	0,089	<0,05	0,127	0,073	0,056	0,046	0,04	0,052	0,040	0,040	0,040
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	<0,01
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	<0,01
Diméthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	<0,01
Triméthyl-2, 3 naphthalène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,010	<0,05	<0,02	<0,005	<0,02	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	<0,01
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,180	0,130	-	0,240	0,120	0,050	-	-	-	0,020	0,020	0,020
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,880	0,500	-	0,540	0,320	0,230	-	-	-	0,140	0,150	0,150
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,006	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-5 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,006	0,037	<0,005	0,008	-	-				

Tableau QC-4 (Station 11)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽¹⁾					Date de prélevement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 11 -Site de dépôt des sédiments											
						RDL11-11	RDL12-11	RDL13-11	RDL14-11	RDL15-11	RDL16-11	RDL17-11	RDL18-11	RDL19-11	RDL20-11	RDL21-11	
	1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021						
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	0.51	0.12	2.48	<0.01	0.07	0.10	2.70	0.76	1.20	<0.3	0.14	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthalène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,040	<0,003	<0,04	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	0,010	<0,003	<0,003	<0,003	
Acénaphthylène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	<0,003	<0,03	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	0,004	<0,003	<0,003	<0,003	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,024	<0,01	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,006	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,025	0,011	0,049	<0,01	<0,01	
Benz(a)pyrène	0,034	0,089	0,23	0,76	1,70	0,006	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	<0,010	0,04	<0,01	<0,01	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,047	<0,01	<0,01	
Benz(i)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,021	<0,01	<0,01	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,02	<0,01	<0,01	
Benz(p) + k fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Benz(p) phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	0,007	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	<0,010	0,03	<0,01	<0,01	
Benz(r, h, i) pyrène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chrysène	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,011	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,038	0,013	0,055	<0,01	<0,01	
Dibenzo(a)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0045	<0,0030	0,0069	<0,003	<0,003	
Dibenzo(a)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Dibenz(a)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Dibenz(a)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Diméthyl-7,12benz(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,013	<0,005	0,050	<0,005	<0,005	<0,005	0,04	0,022	0,11	<0,01	<0,01	
Fluorène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,005	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,020	<0,01	<0,01	
Indén. 1, 2, 3c, d) pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,022	<0,010	0,029	<0,01	<0,01	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	<0,010	0,013	<0,01	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,013	0,006	<0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,016	0,011	0,009	<0,01	<0,01	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,013	<0,005	0,050	<0,005	<0,005	<0,005	0,036	0,016	0,082	<0,01	<0,01	
Méthyl-1 naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	
Méthyl-2 naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,014	<0,01	<0,01	
Triméthyl-2, 3, 5 naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,004	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,013	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,086	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #17 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #33	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #52	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #69	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #132	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #105	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #159 + #138	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #187	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #183	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #128	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006	<0,019	<0,005	<						

Tableau QC-4 (Station 12)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽ⁱ⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	STATION 12 -Site de dépôt des sédiments											
						RDL11-12	RDL12-12	RDL13-12	RDL14-12	RDL15-12	RDL16-12	RDL17-12	RDL18-12	RDL19-12	RDL20-12	RDL21-12	
						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers																	
Hydrocarbures pétroliers C ₁₂ -C ₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	146	<100	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	0,14	0,39	1,95	0,13	0,07	0,13	0,20	2,40	0,20	1,70	0,11	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,003	0,022	<0,04	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,0030	<0,030	0,006	<0,003		
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	<0,003	<0,003	<0,1	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,0030	<0,030	<0,003	<0,003		
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,005	0,037	<0,1	<0,006	<0,006	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,610	<0,01	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	0,007	0,086	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,030	<0,01		
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	0,006	0,048	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,040	<0,01		
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,030	<0,01	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,020	<0,01	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,020	<0,01	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,015	0,105	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,070	<0,01		
Benz(phenanthrène)	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Benz(phenanthrène)	-	-	-	-	-	<0,005	0,032	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,030	<0,01		
Benzo(a,h,i)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,010	<0,01		
Chrysanthème	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,011	0,081	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,015	0,040	<0,01		
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,003	0,009	<0,04	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,0030	<0,010	<0,003			
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Diméthyl-1,2(benzoz(a))anthracène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,019	0,171	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,011	<0,010	0,070	<0,01		
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,005	0,017	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01		
Indén (1, 2, 3, c) pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	0,028	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,020	<0,01	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,05	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	0,007	0,006	0,08	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	0,017	0,147	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,040	<0,01		
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,016	0,128	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Méthyl-1-naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01		
Méthyl-2-naphthalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	0,010	0,008	0,008	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,04	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,034	0,230	-	-	-	<0,01	-	-	-	0,060	<0,01	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,082	0,680	-	-	-	-	-	-	-	0,250	<0,01	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #106	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #187	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #183	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-8 IUPAC #120	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #190	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0,010	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,018	<0,005	<0,005	-	-	-	-	<0,010	<0	

Tableau QC-4 (Station 13)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽ⁱ⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
						STATION 13 -Site de dépôt des sédiments											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	RDL11-13	RDL12-13	RDL13-13	RDL14-13	RDL15-13	RDL16-13	RDL17-13	RDL18-13	RDL19-13	RDL20-13	RDL21-13	
Hydrocarbures pétroliers						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers C₁₂-C₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	150	<100	<100	<100	-	
Autres composés organiques	-	-	-	-	-	0.12	0.14	0.24	0.11	0.15	0.08	3.40	2.80	0.36	1.40	-	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,003	<0,01	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,030	<0,003	-	-	-	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	<0,003	<0,03	<0,003	<0,003	<0,005	0,004	<0,003	<0,003	-	-	-	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,005	<0,006	<0,003	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-	-	-	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,032	0,029	<0,010	<0,01	-	-	
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,031	0,03	<0,010	<0,01	-	-	
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,046	<0,010	0,010	-	-	
Benz(i)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,019	<0,010	<0,01	-	-	
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,016	<0,010	<0,01	-	-	
Benz(n)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,006	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,076	-	-	0,010	-	-	
Benz(o)phénanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	-	-	-	
Benz(o)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,027	0,035	<0,010	<0,01	-	-	
Benz(o,t)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,05	<0,010	<0,010	<0,01	-	-	
Chrysanthème	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	<0,005	0,006	<0,01	<0,005	<0,005	0,047	0,052	<0,010	0,010	-	-	
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,003	<0,01	<0,003	<0,003	<0,003	0,057	0,063	<0,0030	<0,003	-	-	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Diméthyl-1,2benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,051	0,055	<0,010	0,020	-	-	
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	0,005	0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,029	0,034	<0,010	<0,01	-	-	
Indén (1, 2, 3-c, d) pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,029	0,034	<0,010	<0,01	-	-	
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,03	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,005	<0,005	<0,02	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	<0,005	0,007	<0,01	<0,005	<0,005	0,02	0,024	<0,010	<0,01	-	-	
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	0,047	0,047	<0,010	0,020	-	-	
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,005	<0,005	<0,02	<0,005	<0,005	0,013	0,013	<0,010	<0,01	-	-	
Diméthyl-1,3naphthalène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,01	<0,01	-	-	
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	0,050	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-4 IUPAC #43	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-7 IUPAC #192	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-7 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-6 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-8 IUPAC #199	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-9 IUPAC #208	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-8 IUPAC #195	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	
C1-8 IUPAC #194	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,018	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	-	-	

Tableau QC-4 (Station 14)
Résultats analytiques pour les échantillons de sédiments de 2011 à 2021

Paramètres	Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau salée (mg/kg) ⁽ⁱ⁾					Date de prélèvement / Résultats d'analyse (mg/kg)											
						STATION 14 -Site de dépôt des sédiments											
	CER	CSE	CEO	CEP	CEF	RDL11-14	RDL12-14	RDL13-14	RDL14-14	RDL15-14	RDL16-14	RDL17-14	RDL18-14	RDL19-14	RDL20-14	RDL21-14	
Hydrocarbures pétroliers						1-09-2011	11-09-2012	26-08-2013	25-09-2014	23-09-2015	29-08-2016	04-09-2017	11-09-2018	16-08-2019	16-07-2020	23-06-2021	
Hydrocarbures pétroliers C₁₂-C₅₀	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	100	<100	<100	129	-	
Autres composés organiques																	
Carbone organique total	-	-	-	-	-	0.04	2,21	0.28	0.13	0.12	0.15	2,60	0.81	2,60	1,50	-	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																	
Acénaphthène	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,940	<0,003	<0,006	<0,01	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,0030	<0,030	<0,003	-	
Acénaphthénène	0,0033	0,0059	0,031	0,130	0,340	<0,003	<0,006	<0,03	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,0030	<0,004	0,006	-	
Anthracène	0,016	0,047	0,11	0,24	1,10	<0,005	0,012	<0,03	<0,006	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	0,024	0,030	-	
Benz(a)anthracène	0,027	0,075	0,28	0,69	1,90	<0,005	0,041	<0,01	<0,005	<0,005	0,021	<0,010	0,024	0,040	-		
Benz(a)pyrène	0,034	0,069	0,23	0,76	1,70	<0,005	0,028	<0,01	<0,005	<0,005	0,018	<0,010	0,026	0,020	-		
Benz(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,035	0,020	-		
Benz(e)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,015	0,010	-		
Benz(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	0,013	0,020	-		
Benz(n)fluoranthène	-	-	-	-	-	0,010	0,084	<0,01	<0,005	<0,005	0,056	-	0,050	-	-		
Benz(o)phénanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-	
Benz(p)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	0,033	0,01	<0,005	<0,005	0,019	<0,010	0,026	0,020	-		
Benz(w)pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	0,033	0,01	<0,005	<0,005	0,019	<0,010	0,026	0,020	-		
Chrysophénane	0,037	0,110	0,300	0,850	2,200	0,006	0,055	<0,01	<0,005	<0,005	0,031	<0,010	0,034	0,150	-		
Dibenz(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,20	<0,003	<0,006	0,01	<0,003	<0,003	0,003	<0,0030	0,0048	0,009	-		
Dibenz(a,i)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Dibenz(a,h)pyrène	-	-	-	-	-	<0,01	<0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Diméthyl-1,2(benzoz(a)anthracène	-	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,01	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-	
Fluoranthène	0,027	0,11	0,50	1,50	4,20	0,006	0,066	<0,01	<0,005	<0,005	0,039	<0,010	0,045	0,040	-		
Fluoranthène	0,010	0,021	0,061	0,14	1,20	<0,005	<0,010	0,005	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	0,010	<0,01	-		
Indén(1, 2, 3-c, d) pyrène	-	-	-	-	-	<0,005	0,024	<0,01	<0,005	<0,005	0,019	<0,010	0,023	0,010	-		
Méthyl-3-cholanthrène	-	-	-	-	-	<0,005	0,010	0,003	<0,005	<0,005	0,005	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Naphthalène	0,017	0,035	0,12	0,39	1,20	<0,005	0,010	0,002	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	0,010	<0,01	-		
Phénanthrène	0,023	0,087	0,25	0,54	2,10	<0,005	0,051	0,01	<0,005	<0,005	0,015	<0,010	0,018	0,030	-		
Pyrène	0,041	0,15	0,42	1,40	3,80	0,006	0,062	0,01	<0,005	<0,005	0,034	<0,010	0,040	0,040	-		
Méthyl-1-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,005	0,010	0,005	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Méthyl-2-naphtalène	0,016	0,020	0,063	0,20	0,38	<0,005	0,010	0,002	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	0,012	<0,01	-		
Diméthyl-1,3-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,005	0,010	0,005	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Triméthyl-2, 3-naphtalène	-	-	-	-	-	<0,005	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	0,010	<0,010	<0,010	<0,01	-		
Sommation des HAP Bas poids moléculaire	-	-	-	-	-	<0,010	0,060	-	-	-	<0,01	-	-	-	0,070	-	
Sommation des HAP Haut poids moléculaire	-	-	-	-	-	0,033	0,400	-	-	-	-	-	-	-	-	0,300	
Biphényles polychlorés (BPC)																	
C1-3 IUPAC #7 + #18	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-3 IUPAC #28 + #31	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-3 IUPAC #34	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-4 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-4 IUPAC #49	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-4 IUPAC #44	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-4 IUPAC #74	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-4 IUPAC #70	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #95	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #101	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #59	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #67	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #110	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-5 IUPAC #62	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-6 IUPAC #151	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-6 IUPAC #149	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-6 IUPAC #118	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-6 IUPAC #153	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-6 IUPAC #122	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #177	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #171	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #156	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #102	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #191	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-8 IUPAC #169	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-7 IUPAC #170	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-8 IUPAC #199	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-9 IUPAC #208	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-8 IUPAC #195	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-8 IUPAC #194	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-9 IUPAC #205	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-9 IUPAC #206	-	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005	<0,017	<0,005	-	-	-	-	<0,010	-	
C1-10 IUPAC #209	-	-	-	-													

ANNEXE

R-5

**DEMANDE D'INFORMATION
AUPRÈS DU MFFP**

De: Martineau, Christine
Envoyé: 7 février 2022 08:45
À: Martineau, Christine
Objet: TR: Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) - 2013 à aujourd'hui

Christine Martineau, M. Sc. Biol.
Directrice de projets | Project director
Environnement | Environment
T +581-814-6060
C- [REDACTED]



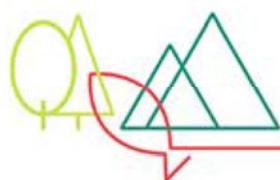
De : Landry-Massicotte, Louis (01-DGFa) <Louis.Landry-Massicotte@mffp.gouv.qc.ca>
Envoyé : 4 février 2022 11:22
À : Vachon, Charles-André <Charles-Andre.Vachon@wsp.com>
Cc : Doucet-Caron, Jérôme (DGSSE-DG) <Jerome.Doucet-Caron@mffp.gouv.qc.ca>
Objet : RE: Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) - 2013 à aujourd'hui



Bonjour M. Vachon,

Malgré que le suivi du RIPE ait eu lieu entre 2013 et 2021, aucun bilan des captures n'a été publié à ce jour pour cette période. C'est dans notre volonté de produire un rapport à cet effet éventuellement, nous amorcerons prochainement l'analyse des données.

Merci et bonne journée,
Louis Landry-Massicotte
Biogiste
Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
92, 2^e Rue Ouest, bureau 207
Rimouski (Québec) G5L 8B3
Téléphone : 418 727-3710, poste 305
Cellulaire : [REDACTED] à privilégier en télétravail
Louis.Landry-Massicotte@mffp.gouv.qc.ca
mffp.gouv.qc.ca



Développer, valoriser, préserver.
Naturellement!

De : Cadieux, Solenne (01-DGFa) <Solenne.Cadieux@mffp.gouv.qc.ca>
Envoyé : 2 février 2022 09:51
À : Landry-Massicotte, Louis (01-DGFa) <Louis.Landry-Massicotte@mffp.gouv.qc.ca>
Objet : TR: Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) - 2013 à aujourd'hui



Bonjour Louis,

Ci-joint une requête pour traitement.

Bonne journée,

Solenne Cadieux pour Geneviève Bourget, directrice par intérim

Agente de secrétariat

Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

92, 2^e Rue Ouest, bureau 207

Rimouski (Québec) G5L 8B3

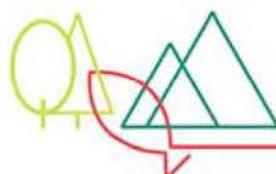
Actuellement en télétravail : me joindre par courriel

Téléphone : 418 727-3710, poste 333

Télécopieur : 418 727-3735

solenne.cadieux@mffp.gouv.qc.ca

mffp.gouv.qc.ca



Développer, valoriser, préserver.
Naturellement!

De : Vachon, Charles-André < >
Envoyé : 2 février 2022 08:45
À : Bas-Saint-Laurent faune <bas-saint-laurent.faune@mffp.gouv.qc.ca>
Cc : Martineau, Christine <christine.martineau@wsp.com>
Objet : Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) - 2013 à aujourd'hui

Bonjour,

Dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement, nous désirons bonifier le portrait de la faune ichtyenne estuarienne dans le secteur de Rivière-du-Loup. Nous avons ainsi pu ressortir des données provenant du Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) de 2009 à 2012, présentées [ici](#), pour le secteur de Rivière-Ouelle. Toutefois, les données semblent se limiter à quatre saisons, de 2009 à 2012.

Est-ce que les données du RIPE pour les années subséquentes sont disponibles? Où et comment pouvons-nous en avoir accès?

Merci et bonne journée,



Charles-André Vachon, biologiste
Professionnel en évaluation environnementale
Écologie et études d'impact sur l'environnement
Environnement

T+ 1 581-814-5859

WSP Canada Inc.
1135, boulevard Lebourgneuf
Québec (Québec)
G2K 0M5 CANADA

wsp.com

NOTICE: This communication and any attachments ("this message") may contain information which is privileged, confidential, proprietary or otherwise subject to restricted disclosure under applicable law. This message is for the sole use of the intended recipient(s). Any unauthorized use, disclosure, viewing, copying, alteration, dissemination or distribution of, or reliance on, this message is strictly prohibited. If you have received this message in error, or you are not an authorized or intended recipient, please notify the sender immediately by replying to this message, delete this message and all copies from your e-mail system and destroy any printed copies. You are receiving this communication because you are listed as a current WSP contact. Should you have any questions regarding WSP's electronic communications policy, please consult our Anti-Spam Commitment at www.wsp.com/casl. For any concern or if you believe you should not be receiving this message, please forward this message to caslcompliance@wsp.com so that we can promptly address your request. Note that not all messages sent by WSP qualify as commercial electronic messages.

AVIS : Ce message, incluant tout fichier l'accompagnant (« le message »), peut contenir des renseignements ou de l'information privilégiés, confidentiels, propriétaires ou à divulgation restreinte en vertu de la loi. Ce message est destiné à l'usage exclusif du/des destinataire(s) voulu(s). Toute utilisation non permise, divulgation, lecture, reproduction, modification, diffusion ou distribution est interdite. Si vous avez reçu ce message par erreur, ou que vous n'êtes pas un destinataire autorisé ou voulu, veuillez en aviser l'expéditeur immédiatement et détruire le message et toute copie électronique ou imprimée. Vous recevez cette communication car vous faites partie des contacts de WSP. Si vous avez des questions concernant la politique de communications électroniques de WSP, veuillez consulter notre Engagement anti-pourriel au www.wsp.com/lcap. Pour toute question ou si vous croyez que vous ne devriez pas recevoir ce message, prière de le transférer au conformitelcap@wsp.com afin que nous puissions rapidement traiter votre demande. Notez que ce ne sont pas tous les messages transmis par WSP qui constituent des messages électroniques commerciaux.

ANNEXE

R-6

**ÉTUDE DE LA RICHESSE ET DE LA BIOMASSE
DE LA FAUNE BENTHIQUE, 2005 (PROCÉAN 2006)**

**ÉTUDE DE LA RÉGÉNÉRATION DE LA FAUNE BENTHIQUE
AU SITE DE MISE EN DÉPÔT DES MATÉRIAUX DRAGUÉS À
RIVIÈRE-DU-LOUP, (PROCÉAN, 2008)**



RAPPORT FINAL

COPIE

Société
des traversiers

Québec



SOCIÉTÉ DES TRAVERSIERS DU QUÉBEC

Étude de la richesse et de la biomasse de la
faune benthique, Rivière-du-Loup, 2005

N° 501901-0031

Le 23 janvier 2006

Rév. 00



Procean

Membre du Groupe SNC·LAVALIN



RAPPORT FINAL

Société
des traversiers

Québec



SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEURS DU QUÉBEC

Étude de la richesse et de la biomasse de la
faune benthique, Rivière-du-Loup, 2005

N° 501901-0031

Le 23 janvier 2006

Rév. 00

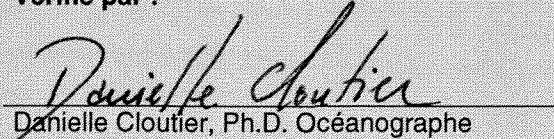
 Procean

Membre du Groupe SNC-LAVALIN

Préparé par :


pour 
Marie-Hélène Michaud, M.Sc. biologiste

Vérifié par :


Danielle Cloutier, Ph.D. Océanographe

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Ce document a été rédigé par Procean Environnement inc., conseillers en sciences et technologies maritimes et en environnement. La liste suivante présente l'équipe de travail qui a collaboré à la réalisation du présent rapport.

Robert Demers	Directeur de projet
Danielle Cloutier	Océanographe, sédimentologue
Marie-Hélène Michaud	Biographe
Simon Cartier	Biographe
Ian Lavoie	Technicien
Bernadette Jacquaz	Laboratoires SAB inc.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION.....	1
2 MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FAUNE BENTHIQUE AUX SITES DE DRAGAGE ET DE REJET.....	3
2.1 AIRE D'ÉTUDE ET LOCALISATION DES STATIONS	3
2.2 ÉCHANTILLONNAGE.....	3
2.3 ANALYSES EN LABORATOIRE	6
2.3.1 <i>Tri des organismes</i>	6
2.3.2 <i>Identification</i>	9
2.3.3 <i>Évaluation de la biomasse</i>	11
2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES	12
2.4.1 <i>Abondance des organismes benthiques</i>	12
2.4.2 <i>Biomasse des organismes benthiques</i>	13
2.4.3 <i>Analyse statistique</i>	13
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	14
3.1 PARAMÈTRES	14
3.2 COMMUNAUTÉ D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES	14
3.2.1 <i>Composition générale de la communauté benthique</i>	14
3.2.2 <i>Composition benthique selon la zone</i>	18
3.2.2.1 Composition taxinomique.....	18
3.2.2.2 Variables descriptives	20
3.2.2.3 <i>Évaluation de la biomasse</i>	22
4 CONCLUSION.....	25
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1A	Schéma de l'option 1 de reconstruction, quai de Rivière-du-Loup	2
Figure 1B	Schéma de l'option 2 de reconstruction, quai de Rivière-du-Loup	2
Figure 2A	Localisation des stations d'échantillonnage de la faune benthique au site de dragage, Rivière-du-Loup, juin 2005 (Carte marine # 123405)	4
Figure 2B	Localisation des stations d'échantillonnage de la faune benthique au site de mise en dépôt et aux sites témoins, Rivière-du-Loup, juin 2005 (Carte marine # 123401).....	5
Figure 3.1	Densité relative totale (%) des grands groupes taxinomiques benthiques récoltés dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005.	19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Données relatives à l'échantillonnage du benthos au quai de Rivière-du-Loup et au site de rejet, juin 2005	7
Tableau 2.2	Liste des échantillons et sous-échantillonnés lors du tri des organismes benthiques	8
Tableau 2.3	Résultats de l'analyse de variabilité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques récoltés dans le secteur de Rivière du Loup, juin 2005.....	10
Tableau 2.4	Résultat du contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques récoltés au site de dragage et de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, juin 2005	11
Tableau 3.1	Paramètres mesurés dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005	15
Tableau 3.2	Densité (nb d'organismes/m ²) par échantillon des organismes benthiques récoltés aux abords du quai de Rivière-du-Loup, juin 2005.	16
Tableau 3.3	Variables descriptives moyennes enregistrées dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005	21
Tableau 3.4	Données relatives à la biomasse (mg/m ²) par échantillon des organismes benthiques récoltés dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005.....	23

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Biomasse des organismes benthiques récoltés dans le secteur du quai de Rivière-du-Loup, juin 2005
----------	---

1 INTRODUCTION

La Société des traversiers du Québec (STQ) envisage la reconstruction des quais de Rivière-du-Loup à compter de l'année 2010. À cette fin, une étude visant à documenter les impacts de deux options de reconstruction sur la faune benthique a été réalisée. Dans le cadre de ce projet, les deux options retenues sont :

- Option 1 : La réparation et l'allongement du quai du traversier et de l'ancien quai commercial.
- Option 2 : La construction d'un nouveau poste à quai pour le traversier au sud du quai commercial, le dragage d'un bassin de manœuvres, la construction d'un brise-lames en enrochement et la stabilisation du quai du traversier actuel.

Les schémas représentant ces options sont présentés aux figures 1A et 1B.

Dans le cadre de cette étude, la firme Procean Environnement inc. a été mandatée afin de caractériser la faune benthique dans les sites affectés par les activités de dragage, soit le site de dragage même et le site de mise en dépôt. Le premier volet de ce travail, qui est l'objet de ce rapport, consiste à évaluer la richesse et la biomasse actuelle des communautés benthiques. Le deuxième volet, qui sera réalisé en 2007, vise à déterminer le potentiel de recolonisation au site de rejet suite aux rejets de matériaux de dragage.

Figure 1A Schéma de l'option 1 de reconstruction, quai de Rivière-du-Loup

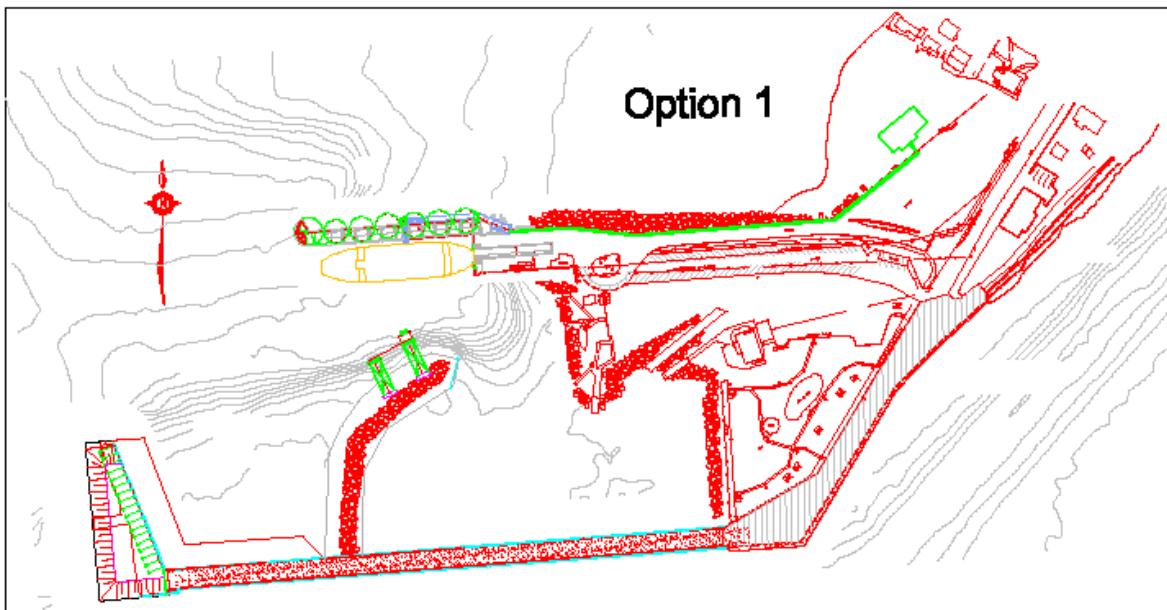
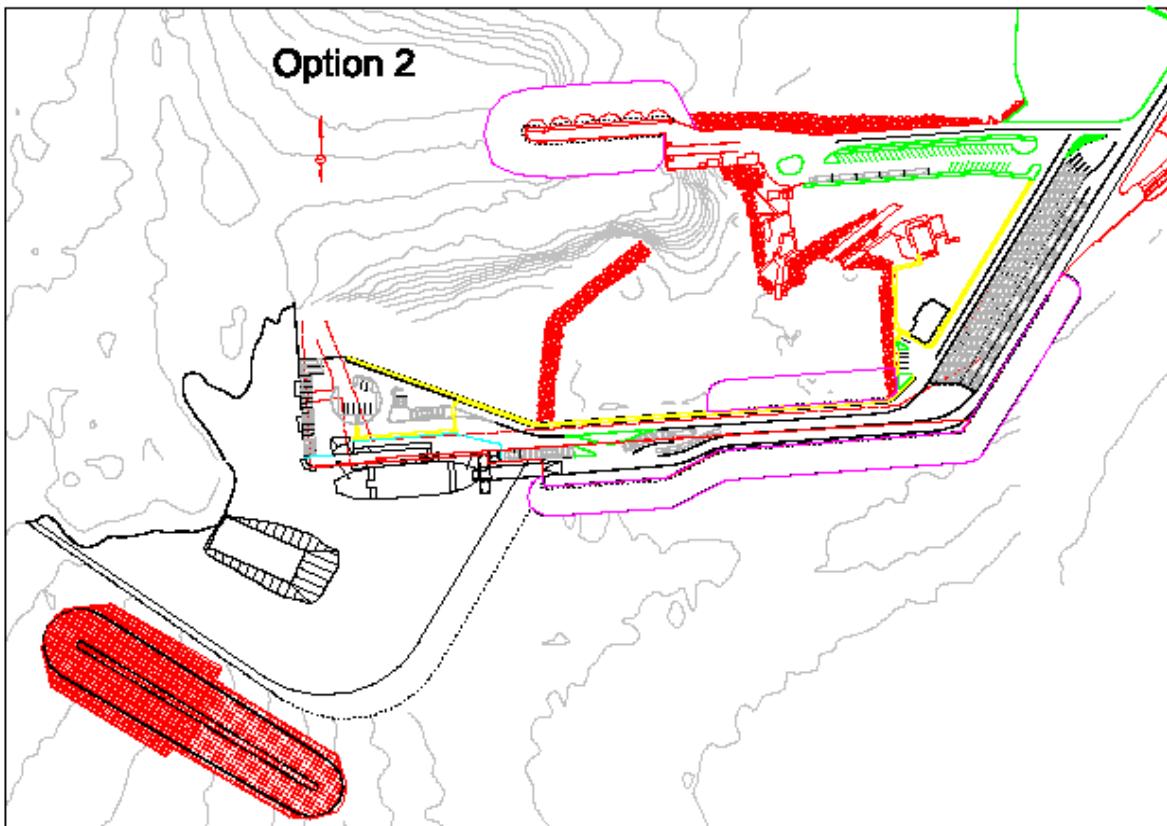


Figure 1B Schéma de l'option 2 de reconstruction, quai de Rivière-du-Loup



2 MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FAUNE BENTHIQUE AUX SITES DE DRAGAGE ET DE REJET

2.1 AIRE D'ÉTUDE ET LOCALISATION DES STATIONS

L'aire d'étude comprend deux sites. Dix (10) stations ont donc été réparties au site de mise en dépôt, au large de Rivière-du-Loup, et vingt (20) stations ont été localisées au site de dragage, pour un total de trente (30) station d'échantillonnage. Les 20 stations localisées au site de dragage ont été réparties de la façon suivante : huit stations au site de dragage de l'option 1 (11B¹, 12B, 14B, 15B, 17B, 18B, 19B et 20B), trois stations dans le site de dragage de l'option 2 (24B², 25B et 26B), cinq stations dans la zone d'influence de l'option 1 (13B, 21B, 22B, 23B, 27B et 30B) et quatre stations témoin situées à l'extérieur de la zone d'influence des activités de dragage (13B, 16B, 28B et 29B). Les 10 stations du site de rejet ont été réparties de façon à obtenir quatre stations dans le secteur prévu pour le rejet de 2005 (01B, 02B, 03B et 05B) et six stations réparties également dans deux sites témoins (04B, 06B, 07B, 08B, 09B et 10B), en dehors de la zone d'influence des sédiments rejetés. La localisation des stations est présentée aux figures 2A et 2B.

2.2 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été effectué à bord de la péniche de Procean Environnement inc., du 15 au 19 juin 2005, soit avant le début des opérations de dragage d'entretien au quai de Rivière-du-Loup. Pour chaque station, la position géographique relevée au GPS a été notée. La température et la salinité de l'eau ont été notées pour chaque zone d'échantillonnage. La profondeur d'échantillonnage a été mesurée à l'aide d'un échosondeur (Fish ID Eagle). Un échantillon de sédiments par zone a été prélevé et identifié pour analyses granulométriques subséquentes. Une description visuelle des sédiments a été effectuée également dans chaque zone d'échantillonnage (voir tableau 3.1). Pour réaliser cet échantillonnage, deux types de bennes ont été utilisées, soit une benne Ponar et une benne Van Veen. La benne Ponar, qui couvre une surface d'environ 0,052 m², est un échantillonneur polyvalent, simple et robuste (Pohle et Thomas, 2005), qui a servi à récolter la majorité des échantillons situés à proximité du quai de Rivière-du-Loup. La benne Van Veen pour sa part, couvre une surface de 0,1 m². Elle s'est avérée utile à la collecte des échantillons de sédiments du site de rejet, en raison de son efficacité en eau profonde où le courant est plus fort (Environnement Canada, 2002).

¹ La lettre «B» suivant le numéro de la station signifie «benthos».

² Aucun échantillon ne correspond à cette station en raison de difficultés d'échantillonnage (sédiments très compacts).

Figure 2A Localisation des stations d'échantillonnage de la faune benthique au site de dragage, Rivière-du-Loup, juin 2005 (Carte marine # 123405).

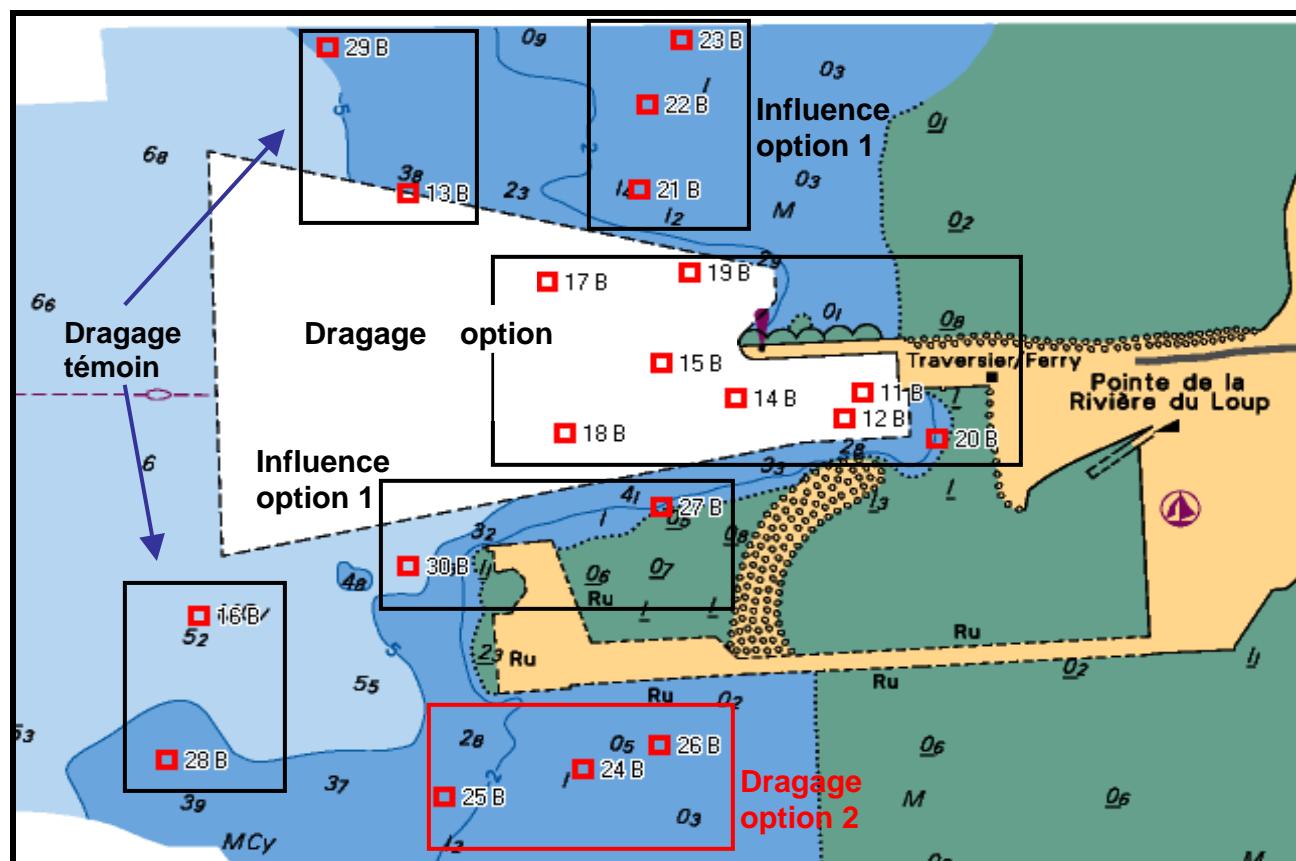
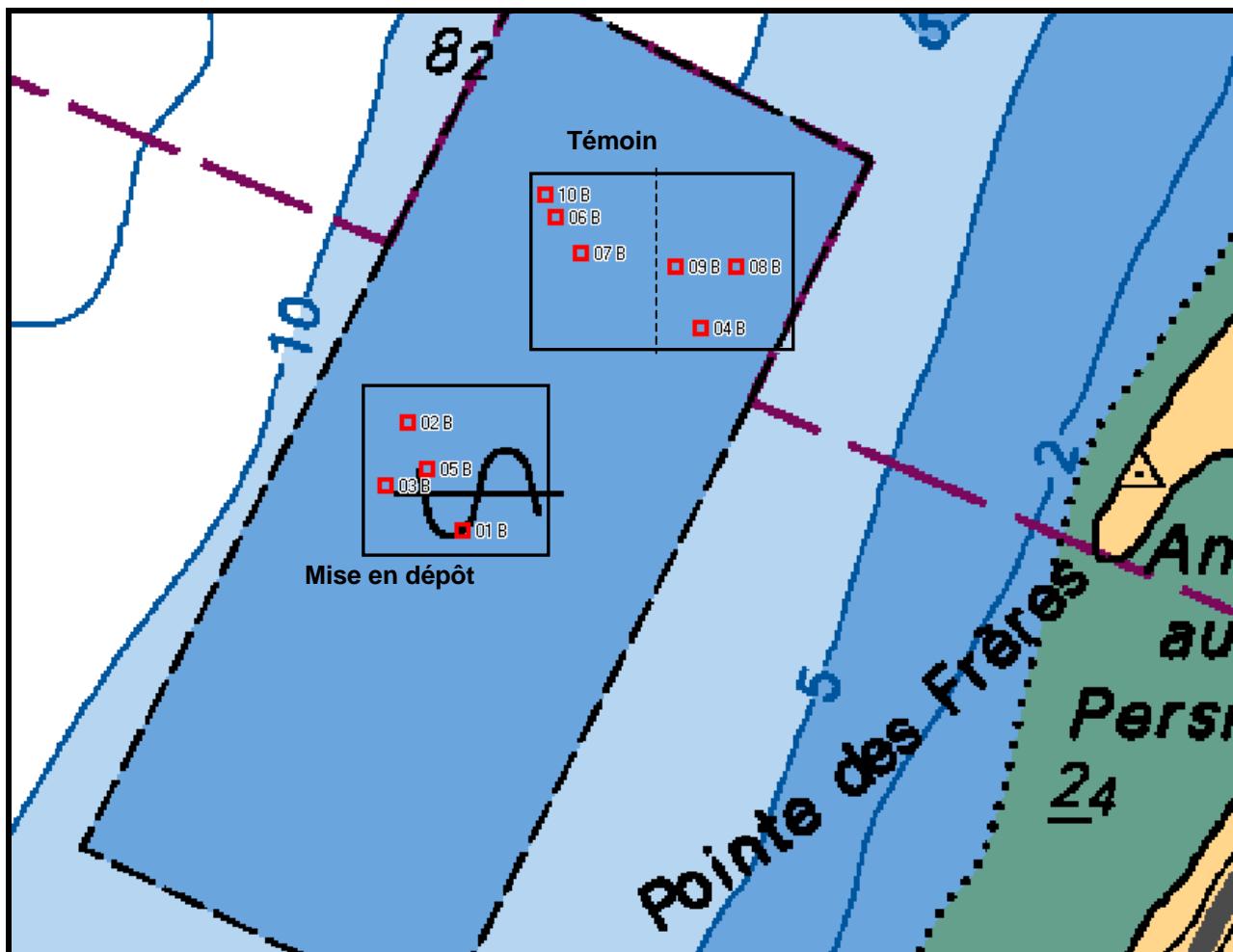


Figure 2B Localisation des stations d'échantillonnage de la faune benthique au site de mise en dépôt et aux sites témoins, Rivière-du-Loup, juin 2005 (Carte marine # 123401).



À chaque station visitée, trois échantillons de sédiments, d'au moins deux litres pour la benne Ponar et quatre litres pour la benne Van Veen, ont été récoltés. Ce nombre était nécessaire afin de palier aux variations à l'intérieur d'une même station. Pour certaines stations cependant, il a été impossible de prélever plus d'un ou deux échantillons en raison du peu de sédiments récoltés par coup de benne.

Chaque échantillon de sédiments récolté a été placé dans un sac hermétique à bord de la péniche pour son transport jusqu'à terre, avant d'être tamisé sur une maille de 0,5 mm. Le refus du tamis a été transféré dans des pots Mason préalablement étiquetés et identifiés. Les échantillons ont par la suite été fixés dans du méthanol à 80 %. Les échantillons de la station 04B ont été fixés dans du formol à 10 % tamponné (avec du bicarbonate de soude pour stabiliser le pH près de 7) avant son transfert dans l'alcool, afin de valider la qualité de l'alcool comme fixateur d'organismes. Toutes les données relatives aux stations d'échantillonnages ont été colligées au tableau 2.1.

2.3 ANALYSES EN LABORATOIRE

2.3.1 Tri des organismes

Au laboratoire d'analyses, les trois échantillons de benthos prélevés à chaque station ont été combinés avant d'être triés pour l'identification des organismes. Pour assurer un tri efficace dans le cas des échantillons récoltés dans la zone de rejet, les fractions organique et inorganique (sableuse) des échantillons ont dû être séparées en raison d'une forte quantité de sable. La méthode de séparation utilisée consistait à rincer les échantillons afin de remettre en suspension la fraction organique de l'échantillon, pour ensuite la prélever. Le tri des composantes organique et inorganique des échantillons a ensuite été effectué à la loupe binoculaire.

Les échantillons provenant de la zone de dragage ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de maille de 2000, 1000 et 500 µm. La fraction grossière retenue par le tamis de 2000 µm a été triée à l'aide d'une loupe éclairante. Pour ce qui est des fractions plus fines (500 µm et 1000 µm), le tri des organismes a été effectué à l'aide d'une loupe binoculaire.

Un sous-échantillonnage a dû être effectué dans vingt-cinq (25) échantillons sur vingt-neuf (29), en raison de la présence d'une grande quantité de sédiment. La méthode utilisée consistait à homogénéiser le refus du tamis sur une maille de 500 µm, d'en retirer l'eau et de prélever une fraction qui était ensuite pesée pour en estimer la proportion (%) à analyser. Dans la plupart des cas, au moins 20 % de l'échantillon était trié. Cependant, dans les douze (12) échantillons qui comptaient plus de 5 litres de sédiments, une proportion de 10 à 15 % de l'échantillon a été analysée pour respecter un temps de tri raisonnable de 10 heures. La liste des échantillons sous-échantillonnés est présentée au tableau 2.2. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a permis d'estimer le nombre total d'individus contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

Rapport final

Tableau 2.1 Données relatives à l'échantillonnage du benthos au quai de Rivière-du-Loup et au site de rejet, juin 2005

Zone	Stations	Latitude (N)	Longitude (O)	Nombre d'échantillons	Date	Heure début	Type de benne
Rejet	01B	47°52'30.31"	69°34'35.07"	3	18 juin	20h00	Van Veen
	02B	47°52'40.47"	69°34'42.81"	3	16 juin	13h01	Van Veen
	03B	47°52'34.45"	69°34'46.05"	3	18 juin	19h17	Van Veen
	05B	47°52'35.88"	69°34'40.23"	2	16 juin	13h45	Van Veen
	04B	47°52'49.21"	69°34'01.63"	2	19 juin	11h17	Van Veen
	06B	47°52'59.62"	69°34'21.99"	1	16 juin	11h58	Van Veen
	07B	47°52'56.13"	69°34'18.66"	3	19 juin	10h15	Van Veen
	08B	47°52'54.99"	69°33'56.37"	3	19 juin	10h58	Van Veen
	09B	47°52'54.92"	69°34'05.00"	3	19 juin	10h35	Van Veen
	10B	47°53'01.76"	69°34'23.37"	3	16 juin	9h00	Van Veen
Dragage option 1	11B	47°50'51.39"	69°34'10.92"	3	15 juin	12h27	Van Veen
	12B	47°50'50.95"	69°34'11.36"	3	15 juin	13h10	Ponar
	14B	47°50'51.31"	69°34'13.98"	3	15 juin	15h59	Ponar
	15B	47°50'51.93"	69°34'15.77"	3	15 juin	15h21	Ponar
	17B	47°50'53.34"	69°34'18.51"	3	15 juin	15h40	Ponar
	18B	47°50'50.67"	69°34'18.11"	3	17 juin	9h00	Ponar
	19B	47°50'53.52"	69°34'15.11"	3	15 juin	14h48	Van Veen
	20B	47°50'50.59"	69°34'09.14"	3	15 juin	10h00	Van Veen
Influence option 1	21B	47°50'54.97'	69°34'16.28"	3	16 juin	17h28	Ponar
	22B	47°50'56.48"	69°34'16.10"	3	16 juin	16h57	Ponar
	23B	47°50'57.60"	69°34'15.28"	3	16 juin	16h05	Ponar
	27B	47°50'49.37"	69°34'15.77"	3	15 juin	13h50	Ponar
	30B	47°50'48.34"	69°34'21.83"	3	18 juin	16h50	Van Veen
Dragage option 2	24B	47°50'44.77"	69°34'17.66"	0	17 juin	9h37	Ponar
	25B	47°50'44.29"	69°34'20.97"	3	17 juin	10h45	Ponar
	26B	47°50'45.18"	69°34'15.79"	3	15 juin	11h27	Ponar
Dragage témoin	13B	47°50'54.90"	69°34'21.86"	3	18 juin	16h00	Ponar
	16B	47°50'47.45"	69°34'26.85"	1	18 juin	17h39	Van Veen
	28B	47°50'44.91"	69°34'27.63"	3	18 juin	18h15	Van Veen
	29B	47°50'57.48"	69°34'23.78"	1	18 juin	16h33	Ponar

Tableau 2.2 Liste des échantillons et sous-échantillonés lors du tri des organismes benthiques

Stations	Partition (%)		Partition (%)	
	Organique	Inorganique	Fin	Grossier
01B	Total	Total		
02B	Total	Total		
03B	Total	20		
04B	Total	10		
05B	Total	Total		
06B	Total	15		
07B	30	10		
08B	10	10		
09B	Total	10		
10B	30	10		
11B			10	Total
12B			10	Total
13B			25	Total
14B			25	25
15B			20	20
16B			Total	Total
17B			20	20
18B			10	10
19B			45	Total
20B			10	Total
21B			25	Total
22B			20	Total
23B			25	25
25B			25	Total
26B			30	Total
27B			20	20
28B			10	Total
29B			25	Total
30B			10	10

Pour valider la méthode de sous-échantillonnage, une analyse de variabilité sur deux échantillons (01B et 19B), c'est-à-dire 8 % des échantillons fractionnés, a été effectuée (tableau 2.3). Pour chacun des échantillons, le tri d'au moins trois fractions a été effectué. L'erreur a été estimée à l'aide de la relation suivante :

$$(N_f/N_t \times 100) - 100$$

où N_f est le nombre estimé par la fraction et où N_t est le nombre trié ou estimé dans l'échantillon complet.

Les organismes récoltés dans les échantillons ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxinomiques. Ils ont été conservés dans l'alcool à 70 % pour une identification ultérieure.

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur 10 % des échantillons (Stations 02B, 05B et 16B) et consistait en un tri des matières organiques conservées par une personne autre que le trieur d'origine. Les résultats du contrôle de qualité sont présentés au tableau 2.4. Le nombre oublié correspond à l'erreur mesurée par une personne autre que le trieur d'origine.

2.3.2 Identification

L'évaluation taxinomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Brunel et al. (1998). Le niveau de précision taxinomique visé était la famille. À certaines occasions, les spécimens n'ont pu être identifiés jusqu'au niveau taxinomique recommandé car ils étaient trop petits ou abîmés.

Dans la majorité des cas, tous les organismes ont été identifiés. Cependant, le grand nombre de bivalves (518) présent dans la fraction totale de la station 28B a contraint à faire un sous-échantillonnage. Pour ce, cent (100) individus ont été prélevés au hasard, puis identifiés. La répartition des différentes espèces de ces 100 individus a ensuite été appliquée au nombre total.

Tableau 2.3 Résultats de l'analyse de variabilité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques récoltés dans le secteur de Rivière du Loup, juin 2005

Échantillon	01B				19B			
	Fraction (%)	Nombre trié	Nombre estimé	Erreur (%)	Fraction (%)	Nombre trié	Nombre estimé	Erreur (%)
Total/moyenne	33.3	12	36.036	0.1	15	9	60	12.5
	33.3	10	30.03	-16.6	15	7	46.6667	-12.5
	33.3	14	42.042	16.8	15	8	53.3333	0.0
Total/moyenne	100	36		11.2	45	53		8.33
Nombre dans la fraction totale		35				4		

Erreur = (nombre estimé par la fraction /nombre trié ou estimé dans l'échantillon complet X 100) - 100

Tableau 2.4 Résultat du contrôle de qualité sur le tri des organismes benthiques récoltés au site de dragage et de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, juin 2005

Échantillon	Organismes triés		Pourcentage oublié
	Nombre total	Nombre oublié	
02B	226	17	7.5
05B	95	7	7.4
16B	149	10	6.7

2.3.3 Évaluation de la biomasse

Pour les analyses de biomasse, les poids frais égouttés de spécimens adultes de taille représentative de chaque famille ont été mesurés au 0,1 mg près, avec une balance de précision Mettler H35. Cependant, en raison de la variation de taille des individus à l'intérieur d'une même famille, certaines d'entre elles ont dû faire l'objet de 2 mesures, une mesure pour les grands et une autre pour les petits spécimens. Les spécimens avec coquille (mollusques) ont subi un traitement particulier. Seule la biomasse de la chair après dissolution de la coquille a été considérée dans les résultats. La coquille a été dissoute en faisant tremper les organismes dans de l'acide chlorhydrique à 3,6 % pendant environ 5 heures (Livings et Coustalin, 1975). Dans le cas des gros spécimens, la chair a été prélevée directement dans la coquille pour être pesée.

2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

Pour les fins de la présente étude, les deux zones de rejet (rejet 2005 et les deux zones témoin) ont été regroupées en une seule zone. Les deux zones seront séparées à nouveau lors de l'étude sur la recolonisation.

2.4.1 Abondance des organismes benthiques

Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies sous forme de matrice qui présente les taxons et les échantillons (Annexe 1). Les nématodes ont dû être enlevés de la matrice avant le traitement car la méthodologie de prélèvement et le matériel d'échantillonnage n'étaient pas adaptés à la capture adéquate et exhaustive de ces organismes. Les bryozoaires, qui constituaient des morceaux de colonies, ont été retirés car ils se prêtent mal aux calculs statistiques. Les fragments de polychètes ont également été retirés de la matrice, ceux-ci pouvant fausser les abondances car plusieurs fragments pouvaient provenir d'un seul spécimen.

Avant de débuter l'analyse, les données ont d'abord été ramenées à un dénominateur commun en ce qui a trait à l'échantillonneur. Les données d'abondance ont donc été transformées en densité en les divisant par la surface échantillonnée par la benne, soit $0,052 \text{ m}^2$ pour la Ponar et $0,1 \text{ m}^2$ pour la Van Veen. Le pourcentage global des densités relatives des grands groupes taxinomiques a été déterminé afin d'illustrer la structure de la communauté. En plus de la densité, trois autres variables ont été utilisées pour décrire la communauté benthique, soit la richesse (nombre de taxons par échantillon), un indice de diversité H' (Shannon-Weaver, 1963) et un indice de régularité, J' de Pielou (Legendre et Legendre, 1984). L'indice de diversité tient compte du nombre d'individus par espèce, alors que l'indice de régularité permet de mesurer l'équitable ou encore l'équirépartition des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces.

Le calcul des deux indices a été effectué à partir des densités, en utilisant les relations empiriques qui suivent :

$$\text{Diversité} \quad H' = (C/N) (N \log_{10} N - \sum n_i \log_{10} n_i)$$

$$\text{Régularité} \quad J = H'/(C \log_{10} S)$$

où C est une constante convertissant le \log_{10} en \log_2 équivalent à 3,322, N est la densité totale d'individus dans l'échantillon, n_i est la densité de l'espèce i et S est le nombre total de taxons.

2.4.2 Biomasse des organismes benthiques

Les données de biomasse ont été estimées à partir des spécimens pesés (Annexe 1) puis intégrés dans le même genre de matrice que pour les abondances. Les nématodes, les bryozoaires et les fragments de polychètes ont également été éliminés de cette matrice pour les mêmes raisons que citées plus haut.

La biomasse a été estimée par unité de surface (mg/m^2) pour chaque station en divisant la biomasse récoltée par la surface échantillonnée par la benne Ponar ou Van Veen.

2.4.3 Analyse statistique

L'analyse de variance (ANOVA) a été appliquée aux variables descriptives du benthos dans le but de tester les différences entre les zones d'échantillonnage. Les comparaisons ont été effectuées entre les cinq zones du site à l'étude après avoir vérifié les conditions d'applicabilité de l'ANOVA, soit une distribution normale et l'homogénéité des variances pour l'ensemble des zones. Ces conditions ont été vérifiées respectivement à l'aide des tests de Kolmogorov-Smirnov et de Levene (Scherrer, 1984). Le log de la densité a été utilisé dans les tests statistiques dans le but de normaliser les données.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 PARAMÈTRES

Les données des différents paramètres mesurés sur le terrain sont consignées dans le tableau 3.1. Les résultats montrent que les stations dans la zone de mise en dépôt sont plus profondes que celles des zones de dragage. On note également peu de différence de température entre les différentes zones. En effet, la température de l'eau pour les différentes zones varie de 9 à 11,5°C.

Les résultats des analyses granulométriques montrent que les sédiments sont plutôt sablonneux dans la zone de rejet, dans la zone témoin du dragage et dans la zone d'influence de l'option 1. En effet, les proportions obtenues pour le sable sont supérieures à 75 % pour ces trois zones. Dans la zone de dragage de l'option 1 cependant, les sédiments sont de nature beaucoup plus fine. Les proportions rencontrées sont de l'ordre de 34 à 42 % pour le silt et de 47 à 61 % pour l'argile. La zone de dragage de l'option 2 contient, quant à elle, beaucoup plus de gravier, soit une proportion de près de 93 %.

3.2 COMMUNAUTÉ D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES

3.2.1 Composition générale de la communauté benthique

La communauté benthique occupant l'ensemble de l'aire d'étude est représentée par deux groupes principaux, soit les annélides (polychètes et oligochètes) à 32 % et les mollusques bivalves à 31.7 %. Les crustacés, composés en grande partie d'amphipodes, forment 20.6 % des organismes identifiés. Dans la catégorie «autres organismes», qui représentent 13.6 % de l'effectif total, les arachnides sont en majorité.

En ce qui a trait à la richesse taxinomique, trente-cinq (35) familles ont pu être identifiées. Le plus grand nombre de familles rencontrées fait partie des polychètes (12 taxons sur 41 au total). Toutefois, parmi les familles dominantes, ce sont les bivalves tellinidés qui sont les plus nombreux et qui forment 26 % de l'effectif total.

La densité des organismes benthiques récoltés en 2005 est présentée au tableau 3.2. De façon générale, les densités obtenues par échantillons varient beaucoup selon les différentes zones. Les densités les plus élevées se retrouvent dans la zone témoin du dragage (3817 individus/m² à la station 28), alors que les plus faibles se retrouvent dans les zones de rejet (11 individus/m² à la station 7) et de dragage de l'option 1 (10 individus/m² à la station 11).

Tableau 3.1 Paramètres mesurés dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005

Zone	Stations	Profondeur d'échantillonnage (m)	État de la marée	Température de surface (°C)	Gravier	Granulométrie*	Description visuelle des sédiments
					Sable	Silt	Argile
Mise en dépôt (rejet)	02B						sable, présence de cailloux
	03B						sable, présence de cailloux
	05B	12,2	Descendante	11°C	0.5	97.1	0.5
	04B						présence de cailloux, échantillons traités au formol
	06B						sable, présence de cailloux
	07B	10	Montante	11,5°C	2.0	80.2	7.4
Dragage option 1	11B				0.0	4.3	34.4
	12B				0.0	7.5	37.1
	14B				0.0	11.7	39.3
	18B				0.0	8.0	37.5
	19B				0.0	11.3	41.7
	20B	3,1	Haute	10°C			sédiments noirs, fins, très odorants
Influence option 1	22B	3,3	Basse	10°C	0.0	77.0	13.7
	30B						sédiment noir et vraiment très compact
Dragage option 2	24B	6,3	Montante	9°C	92.6	2.1	2.5
Dragage témoin	13B						sédiment relativement compact
	16B	7,8	Descendante	11°C			parfois présence de gros cailloux
	29B	4,5	Descendante	9°C	2.4	75.2	9.7
							sédiment noir très compact

* Granulométrie dans la zone de dragage de l'option 1 mesurée à l'automne 2005

Tableau 3.2 Densité (nb d'organismes/m²) par échantillon des organismes benthiques récoltés aux abords du quai de Rivière-du-Loup en 2005.

TAXON	Zone de rejet										Dragage option 1					Influence option 1				Dragage option 2		Dragage témoin						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	27	30	25	26	13	16	28
CNIDARIA																												
Anthozoa																												
Metridiidae																												
NEMERTEA																												
MOLLUSCA																												
Bivalvia																												
Bivalvia (abîmés)	7	3	50			33	11																					
Cardiidae		20				333		100																				
Tellinidae			5																									
Solenidae																												
Nuculanidae																												
Mytilidae																												
Gastropoda																												
Gastropoda (abîmés ou petits)	3	10	3	5																								
Hydrobiidae			3	7	5																							
Littorinidae				3	5																							
ANNELIDA																												
Polychaeta																												
Capitellidae																												
Cirratulidae																												
Nephtyidae																												
Nereidae																												
Opheliidae																												
Orbiniidae																												
Phyllodocidae																												
Polynoidae																												
Sigalionidae																												
Spionidae																												
Syllidae																												

TAXON	Zone de rejet										Dragage option 1					Influence option 1				Dragage option 2		Dragage témoin								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	27	30	25	26	13	16	28	29	
Malacostraca																														
Amphipoda																														
Amphipoda (abîmés)																														
Gammaridae																														
Lysianassidae																														
Phoxocephalidae																														
Pontoporeiidae																														
Cumacea																														
Diastylidae																														
Leuconidae																														
Isopoda																														
Idoteidae																														
Copepoda																														
Harpacticoida																														
Uniramia																														
Insecta																														
Coleoptera																														
Elmidae																														
Diptera																														
Nematocera																														
Chironomidae																														
Brachycera																														
Sciomyzidae (pupes)																														
Densité par échantillon	110	247	40	370	190	553	11	280	160	78	10	135	1026	32	128	321	96	137	45	77	154	64	267	1109	325	199	1030	3817	1404	
Nombre total de taxon par échantillon	9	12	5	7	9	3	1	5	7	4	2	2	2	1	1	4	11	4	3	2	5	1	3	11	7	6	13	18	6	
Diversité	2.01	2	2.28	2.5	1.6	1.34		2.09	2.11	1.66	0.92	0.28	1.00		1.92	3.25	1.63		1.38	0.65	2.25		1.06		2.29	2.30	2.51	2.88919838	2.1	1.5177
Régularité	0.3	0.3	0.43	0.3	0.21	0.15		0.26	0.29	0.26	0.28	0.04	0.0999769		0.23	0.49	0.23		0.25	0.1	0.31		0.13	0.23	0.28	0.33	0.288676532	0.176	0.1452	

Les densités obtenues sont en moyenne très faibles si on les compare à celles enregistrées par Dumont et al. (1976) lors d'une étude réalisée en amont de l'île aux Lièvres, située à près de 10 km de notre aire d'étude. Une faune beaucoup plus riche contenant entre autres près de 3 000 polychètes/m² avait alors été observée.

3.2.2 Composition benthique selon la zone

3.2.2.1 Composition taxinomique

L'abondance relative des principaux groupes taxinomiques est différente d'une zone à l'autre (figure 3.1). La zone de rejet se compose principalement d'annélides, de crustacés et de bivalves. Les principaux polychètes rencontrés au site de rejet sont les orbiniidés. Selon Gosner (1978), ces organismes sont souvent associés à un substrat sablonneux comme dans le présent cas. Les amphipodes sont bien représentés en raison principalement de la famille des pontoporeiidés, qui est exclusive à cette zone. Les bivalves sont presque aussi nombreux que les crustacés, avec un bon nombre de tellinidés qui fréquentent en général les eaux peu profondes et qui se nourrissent de débris organiques (Gosner, 1978; Lubinsky, 1980).

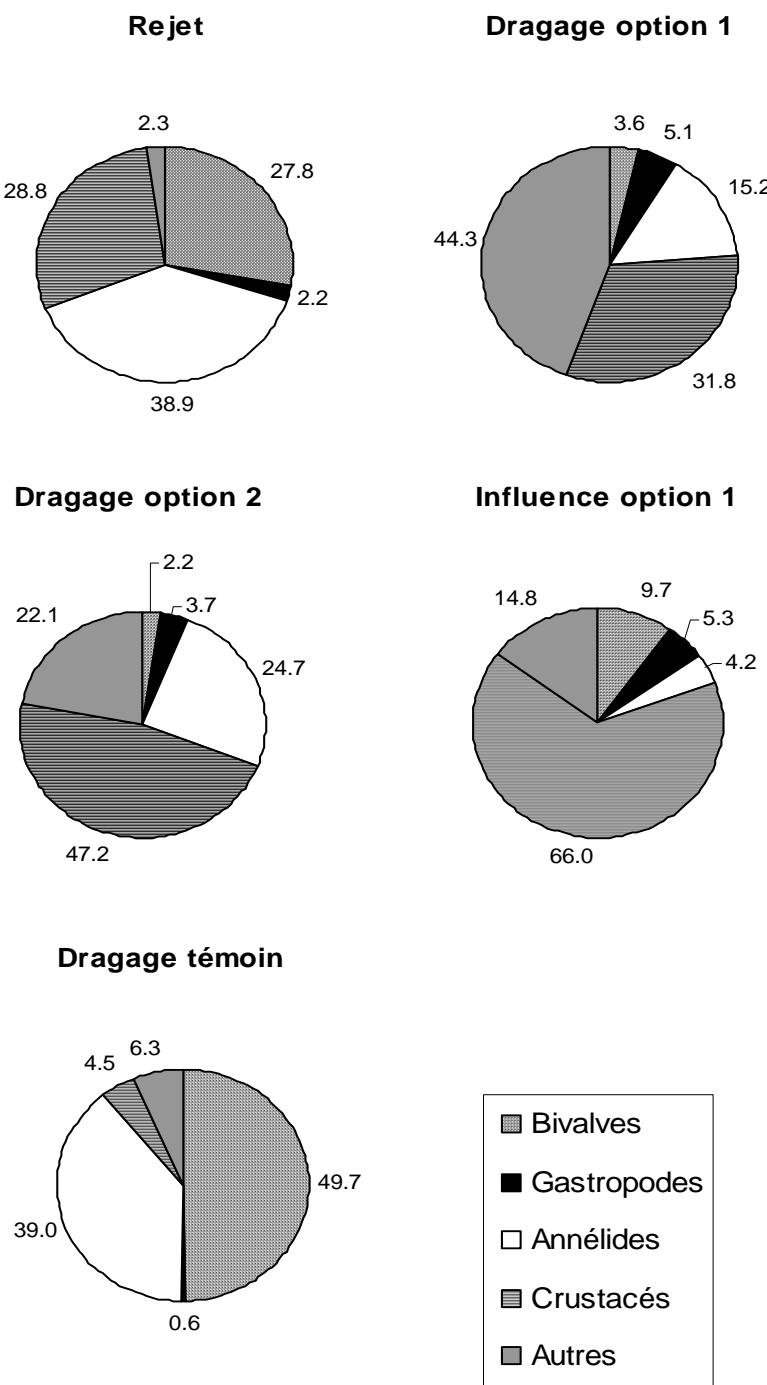
Dans la zone de dragage de l'option 1, ce sont les arachnides halacaridés, classés dans « autres organismes », qui dominent. Les crustacés représentent, quant à eux, près du tiers (1/3) des organismes, avec de nombreux amphipodes gammaridés qui sont communs dans les habitats côtiers (Gosner, 1978). Chez les annélides, qu'on retrouve au troisième rang en abondance, les polychètes capitellidés sont bien représentés. Les capitellidés, qui composent 90 % des polychètes de cette zone, sont tolérants à des milieux pollués comme les sédiments retrouvés dans les zones portuaires (Gosner, 1978).

La zone d'influence de l'option 1 est largement dominée par les crustacés. En effet, il est possible de retrouver des ostracodes cythérideidés, qui sont particulièrement abondants à la station 30B, et des isopodes idoteidé, qui sont souvent associés à la végétation aquatique (Naylor, 1972). Pour ce qui est du reste des organismes récoltés dans cette zone, les arachnides et les pycnogonides (autres organismes) composent près de 15 % de cette zone et les bivalves y sont représentés à 10 %.

Dans la zone de dragage de l'option 2, les crustacés forment près de la moitié de la faune benthique de la zone avec une forte proportion d'amphipodes gammaridés. Les annélides, avec beaucoup de capitellidés et de néréidés, communs et tolérants (Fauchald, 1977), et d'autres organismes composés essentiellement d'arachnides halacaridés y sont également bien représentés.

Enfin, les bivalves, surtout tellinidés, forment près de la moitié des organismes de la zone de dragage témoin. Les annélides, composés en grande partie d'oligochètes tubificidés tolérants à la pollution (Gosner, 1978), mais également d'une variété de polychètes (11 familles), sont bien représentés dans cette zone. De plus, une grande quantité d'anémones (cnidaires anthozoa) se retrouve à la station 16.

Figure 3.1 Densité relative totale (%) des grands groupes taxinomiques benthiques récoltés dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005.



Il est souvent difficile d'interpréter la présence de certains groupes taxinomiques étant donné que plusieurs espèces se comportent différemment à l'intérieur d'une même famille. La composition taxinomique des zones serait non seulement liée aux activités portuaires et de dragage, comme en fait foi l'abondance de familles tolérantes comme les polychètes capitellidés dans les zones de dragage, mais aussi à la nature granulométrique des sédiments et à la profondeur. De plus, il y a beaucoup de polychètes orbiniidés associés au substrat sablonneux dans la zone de rejet.

3.2.2.2 Variables descriptives

La comparaison des variables descriptives entre les zones démontre que la zone de dragage témoin se distingue des autres quant à la densité et au nombre de taxons présents dans cette zone (tableau 3.3). La densité moyenne, qui est nettement plus forte dans cette zone, n'est cependant pas significativement différente de celle de la zone de dragage de l'option 2. Les fortes densités d'organismes se remarquent dans ces deux zones en raison des stations 25B, 16B et 28B où plus de 1 000 organismes/m² ont été dénombrés. La plus forte densité (près de 4 000 organismes/m²) a été enregistrée à la station 28B dans la zone de dragage témoin. Fait à noter, ces stations sont toutes situées dans le secteur au sud, en dehors de l'influence de la zone de dragage actuelle. Les densités retrouvées sont probablement représentatives de la communauté benthique du secteur qui n'est pas affectée par les activités de dragage. Ce sont encore une fois les stations 28B et 16B qui comptent le plus de taxons avec 18 et 13 taxons respectivement.

Les variables descriptives montrent que la zone de dragage de l'option 1, où les activités de dragage se déroulent depuis de nombreuses années et celle d'influence de l'option 1 sont particulièrement perturbées (tableau 3.3). Il est en effet possible de le constater avec le nombre de taxons et les indices de diversité et de régularité faibles. En effet, la moyenne des taxons rencontrés dans ces deux zones est de 3, ce qui est significativement plus faible que dans les autres zones.

Les indices de diversité et de régularité ne sont pas significativement différents entre les zones. Des valeurs moyennes plutôt faibles s'observent cependant dans les zones de dragage de l'option 1 et d'influence de l'option 1, affectées par les activités de dragage. Précisons qu'une faible valeur de l'indice de diversité (< 1) reflète une communauté qui est généralement représentative d'un milieu perturbé. À titre comparatif, un indice de diversité supérieur à 3 témoigne d'une communauté diversifiée et est caractéristique d'un milieu favorable à la survie des espèces (Wihlm, 1970). L'indice de diversité moyen le plus faible (1,07) se retrouve dans la zone d'influence de l'option 1, alors que les plus élevés se retrouvent dans la zone de dragage de l'option 2 (2,29) et dans la zone de dragage témoin (2,26).

Tableau 3.3 Variables descriptives moyennes enregistrées dans le secteur de Rivière-du-Loup, juin 2005

Zone	Zone de dépôt	Dragage option 1	Influence option 1	Dragage option 2	Dragage témoin
Nombre de stations	4	8	5	2	4
Densité	203,9	235,4	121,3	716,9	1612,0
Écart type	166,1	332,7	352,2	554,5	1312,8
	a	a	a	ab	b
Nombre de taxons	6	3	3	9	11
Écart type	3,3	3,3	3,2	2,8	5,8
	ab	a	a	ab	b
Diversité	1,76	1,12	1,07	2,29	2,26
Écart type	0,70	1,11	0,84	0,01	0,46
	a	a	a	a	a
Régularité	0,24	0,17	0,16	0,25	0,23
Écart type	0,11	0,17	0,10	0,03	0,07
	a	a	a	a	a

Les moyennes montrant la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison de Tukey ($p=0.05$).

Les indices de régularité utilisés pour évaluer la distribution des individus parmi les taxons (répartition des individus selon les espèces) récoltés sont faibles partout. Plus l'indice se rapproche de 1, plus la communauté est stable. Les résultats montrent que la régularité est à son maximum à la station 19B avec un indice de 0,49. La zone de dragage de l'option 1, où se déroulent principalement les activités de dragage, et la zone d'influence de l'option 1, présentent des indices de diversité très faibles de 0,17 et 0,16 respectivement.

La zone de dragage de l'option 2 et la zone témoin, qui représentent des milieux non touchés par les activités de dragage, montrent de façon générale des valeurs plus fortes pour les variables descriptives. Enfin, la zone de rejet est comparable à ces deux dernières zones avec cependant une densité moyenne très faible (203,9) et probablement due à la nature sablonneuse du substrat.

3.2.2.3 Évaluation de la biomasse

La biomasse est une variable utile pour évaluer la capacité de production d'un milieu. Il est donc possible avec cet indicateur d'obtenir un indice de production du macrobenthos. Les données relatives à la biomasse des organismes benthiques récoltés par unité de surface aux stations d'échantillonnage dans le secteur de Rivière-du-Loup sont présentées au tableau 3.4. De façon générale, les mollusques représentent la plus forte biomasse dans toute l'aire d'étude.

La plus faible valeur de biomasse moyenne mesurée par unité de surface est de 2,4 g/m² et provient de la zone de dragage de l'option 1; cette zone est soumise depuis plusieurs années aux activités de dragage. La plus forte valeur de biomasse moyenne mesurée par unité de surface a, quant à elle, été enregistrée dans la zone témoin de dragage avec près de 97 g d'organismes/m². La station 28B de cette zone offre la plus forte biomasse avec 202 g d'organismes/m².

Tableau 3.4 Données relatives à la biomasse (mg/m^2) par échantillon des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup en 2005.

TAXON	Zone de rejet										Dragage option 1					Influence option 1				Dragage option 2		Dragage témoin											
	1	2	3	5	4	6	7	8	9	10	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	27	30	25	26	13	16	28	29				
CNIDARIA																																	
Anthozoa																																	
Metridiidae																																	
NEMERTEA											1.3	3.3																					
MOLLUSCA																																	
Bivalvia																																	
Bivalvia (abîmé)	2.0	0.0											15.0	10.0	3111.1																		
Cardiidae	379.3	380.3											23500.0	37929.5	11380.0																		
Tellinidae																																	
Solenidae																																	
Nuculanidae																																	
Mytilidae																																	
Gastropoda																																	
Gastropoda (abîmé)	0.0	0.1	2.8	8.5	0.1	4.3																											
Hydrobiidae	0.0	14.2	21.3																														
Littorinidae																																	
ANNELIDA																																	
Polychaeta																																	
Capitellidae																																	
Cossuridae																																	
Nephtyidae																																	
Nereidae	58.3	116.7	58.3	87.5	175.0																												
Opheliidae																																	
Orbiniidae																																	
Phyllodocidae	360.0	192.3	864.0	36.0	756.0	577.0	540.0	414.0																									

4 CONCLUSION

La présente étude a permis de démontrer que les communautés touchées directement par les activités de dragage et les activités portuaires, comme c'est le cas dans la zone de dragage de l'option 1 et la zone d'influence de l'option 1, sont relativement perturbées, cela en raison de faibles abondances et de biomasse moyennes obtenues. Les deux autres zones de dragage (option 2 et témoin) se ressemblent quant à leurs variables descriptives (richesse, diversité et régularité). Elles semblent offrir toutes deux des milieux plus sains que les autres zones. Les stations les plus riches de l'aire d'étude en terme de densité et de biomasse se retrouvent cependant dans la zone de dragage témoin.

La zone de rejet présente des conditions qui en font un milieu physique différent des autres, en ce qui a trait notamment aux profondeurs et à la granulométrie des sédiments. Les indices de diversité et de régularité ne sont pas significativement différents de ceux des autres zones, mais la densité moyenne d'organismes retrouvés au site de mise en dépôt est légèrement inférieure à celle des autres zones. Une évaluation complète de ce secteur sera effectué ultérieurement lors d'une étude portant sur le potentiel de recolonisation/régénération de ce secteur.

Le milieu étudié n'est pas particulièrement riche. Outre les phénomènes anthropiques pouvant expliquer les résultats obtenus, il est à noter que la nature granulométrique des sédiments ainsi que la profondeur peuvent influencer la composition taxinomique du benthos. De plus, le caractère saumâtre des eaux de l'aire étudiée peut possiblement influencer la distribution des espèces benthiques, puisque bien des espèces sont moins tolérantes à ces valeurs de salinité.

De plus les variations de salinité, turbidité et température que l'on observe dans l'estuaire du Saint-Laurent influencent la distribution des organismes benthiques et contribuent à réduire leur densité et leur biomasse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brunel, P., L. Bossé et G. Lamarche. 1998. Catalogue des invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. *Publ. Spéc. can. sci. halieut. aquat.* 126. 405 p.
- Dumont, J.M., B. d'Anglejan et P. Brunel. 1976. Rôle des invertébrés benthiques tubicoles dans la rétention des sédiments estuariens. In *Groupe inter-universitaire de recherches océanographiques du Québec. Rapport annuel 1974-1975. Projet 73-5*, pp. 82-83.
- Environnement Canada, 2002. *Guide d'échantillonnage des sédiments su Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Vol. 2 : Manuel du praticien de terrain*. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport. 107 p.
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms. Definition and keys to the orders, families and genera. Science Series 28. Natural History Museum of Los Angeles County. 188 p.
- Gosner, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New-York, N.Y.
- Livings, C.D. et J.B. Coustalin. 1975. Zonation of intertidal biomass and related benthic data from Sturgeon and Roberts banks, Fraser River estuary, British Columbia. *Can. Fish. and Mar. Serv. Tech. Report 468*. 138 p.
- Lubinsky, I. 1980. Marine bivalve molluscs of the canadian central and eastern Arctic : faunal composition and zoogeography. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 207 : 111 p.
- Naylor, E. 1972. British marine Isopods. *Synopses of the British Fauna No. 3*. Academic Press, London. 86 p.
- Pohle, G.W. et M.L.H. Thomas, 2005. Surveillance de la biodiversité marine, Protocole de surveillance du benthos marin : Macrofaune intertidale et infratidale, document disponible en ligne.
<http://www.eman-rese.ca/rese/ecotools/protocols/marine/benthos/benthos3.html>
- Scherrer, B., 1984. Biostatistique. Gaétan Morin éditeur, Chicoutimi, Québec. 850 p.
- Wihlm, J.L. 1970. Range of diversity in benthic macroinvertebrate populations. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 42: 221-224.

ANNEXE 1

Biomasse des organismes benthiques récoltés dans le secteur du quai de Rivière-du-Loup, juin 2005

Biomasse des organismes benthiques récoltés dans le secteur du quai de Rivière-du-Loup, juin 2005.

TAXON	Échantillon *	Nombre d'organismes	Poids (mg)	Poids moyen (mg)
CNIDARIA				
Anthozoa				
Metridiidae grands	16B-T	6	1279.0	213.2
Metridiidae petits	16B-T	9	47.6	5.3
NEMERTEA	08B-F	4	0.4	0.1
NEMATODA	13B-F	7	0.1	0.0
MOLLUSQUES				
Bivalvia				
Bivalvia (abîmé) grands		1	280	280.0
Bivalvia (abîmé) petits		1	0.3	0.3
Cardiidae	02B-T	1	<0.1	<0.1
Tellinidae grands	28B-T	1	113.8	113.8
Tellinidae petits	02B-T	5	0.3	0.1
Solenidae	05B-T	1	4700	4700.0
Nuculanidae grands	28B-F	1	6.9	6.9
Nuculanidae petits	28B-F	1	0.4	0.4
Mytilidae gros	16B-T	1	280	280.0
Mytilidae petits		1	2	2.0
Gastropoda				
Gastropoda (abîmé) petits	03B-T	1	<0.1	<0.1
Hydrobiidae	03B-T	2	1.7	0.9
Littorinidae	23B-F, 25B-T	2	8.5	4.3
ANNELIDA				
Polychaeta				
Capitellidae	17B-F, 25F	6	2.6	0.4
Cossuridae	28B-T	1	<0.1	<0.1
Nephtyidae	28B-T	1	17.5	17.5
Nereidae grands	28B-T	4	2252.2	563.1
Nereidae petits	28B-T	5	148	29.6
Opheliidae	04B-F	2	115.4	57.7
Orbiniidae	02B-T	10	54	5.4
Phyllodocidae	28B-T, 28B-F	2	2	1.0
Polynoidae	28B-T	1	20.4	20.4
Sigalionidae	28B-F	2	8.6	4.3
Spionidae	02B-T, 28B-T	6	2.5	0.4
Syllidae	01B-T, 16B-T, 28B-T	3	0.6	0.2
Terebellidae	28B-T	1	24	24.0
Oligochaeta				
Tubificidae	01B-T, 29B-T	5	1.5	0.3

TAXON	Échantillon *	Nombre d'organismes	Poids (mg)	Poids moyen (mg)
CRUSTACEA				
Arachnida				
Prostigmata				
Halacaridae	25B-F	9	0.2	0.0
Pycnogonida				
Achelidae	16B-T, 28B-T	3	3.7	1.2
Ostracoda				
Cytherideidae	30B-F	6	3	0.5
Trachyleberididae	10B-F	1	0.5	0.5
Malacostraca				
Amphipoda				
Gammaridae grands	14B-F	1	48.6	48.6
Gammaridae petits	14B-F	6	2.8	0.5
Lysianassidae grands	02B-T	1	86.6	86.6
Lysianassidae petits	02B-T	1	8.3	8.3
Phoxocephalidae	28B-F	5	2	0.4
Pontoporeiidae	06B-F	2	5.6	2.8
Cumacea				
Diastylidae	19B-F, 04B-F	2	2.4	1.2
Leuconidae	23B-F, 02B-T	2	0.9	0.5
Isopoda				
Idoteidae	19B-F	2	1.1	0.6
Copepoda				
Harpacticoida	19B-F	1	<0.1	<0.1
Uniramia				
Insecta				
Coleoptera				
Elmidae	13B-F	2	4	1.9
Diptera				
Chironomidae	20B-F	1	<0.1	<0.1
Brachycera	19B-F	1	<0.1	<0.1
Dolichopodidae	11B-F	1	0.1	0.1
Sciomyzidae (pupe)	26B-T	1	3	2.5

* T= total; F= fraction



www.sncalavalin.com

PROCEAN ENVIRONNEMENT INC.
5410, boul. de la Rive Sud
Local 80
Lévis (Québec)
Canada G6V 4Z2
Téléphone : (418) 837-3621
Télécopieur : (418) 837-2039

RAPPORT FINAL

COPIE

*Société
des traversiers*

Québec



**Étude de la régénération de la faune benthique
au site de mise en dépôt des matériaux dragués
à Rivière-du-Loup**

N° 501901-0032

Le 7 février 2008

Rév. 00

 **Procean**

Membre du Groupe **SNC-LAVALIN**

RAPPORT FINAL

COPIE

SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEUX DU QUÉBEC

**Étude de la régénération de la faune benthique
au site de mise en dépôt des matériaux dragués
à Rivière-du-Loup**

N° 501901-0032

Le 7 février 2008
Rév. 00



Membre du Groupe SNC • LAVALIN

Préparé par :

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Christine Martineau".
Christine Martineau, M.Sc. biologie

Vérifié par :

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Robert Demers".
par Robert Demers, biologiste, chargé de projet

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Ce document a été produit par Procean Environnement inc., conseiller en sciences et technologies maritimes et en environnement, en étroite collaboration avec les Laboratoires SAB inc. La liste suivante présente l'équipe de travail qui a collaboré à la réalisation du présent rapport.

Procean Environnement inc.

Robert Demers	Directeur de projet
Christine Martineau	M. Sc. Biographe
Denis Thivierge	B. Sc Biographe
Mario Lambert	Technicien
Marie-Audrée Gosselin	Secrétaire à l'édition

Laboratoires SAB inc.

Bernadette Jacquaz (MSc.)	Chargée de projet, taxonomie, contrôle de qualité et rédaction
Fernand Therrien (M.Sc.)	Taxonomie
Karine Blain (B.Sc.)	Tri

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION	1
2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	1
2.1 ÉCHANTILLONNAGE.....	1
2.2 ANALYSES EN LABORATOIRE	4
2.2.1 Tri des organismes	4
2.2.2 Identification	6
2.2.3 Biomasse.....	6
2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES.....	6
2.3.1 Abondance	6
2.3.2 Biomasse.....	7
2.3.3 Analyses statistiques	8
3.0 RÉSULTATS	9
3.1 PARAMÈTRES DE SUPPORT	9
3.2 COMMUNAUTÉ D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES.....	9
3.2.1 Composition générale	9
3.2.2 Composition par zone	12
3.2.3 Comparaison entre 2005 et 2007	18
3.2.4 Régénération	19
4.0 CONCLUSION	19
RÉFÉRENCES	20

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Localisation des stations d'échantillonnage de la zone de rejet et des stations témoins	2
Figure 3.1	Abondance relative (%) des grands groupes d'organismes benthiques récoltés dans la zone de rejet au large de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007	13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Données relatives à l'échantillonnage du benthos, juin 2007.....	3
Tableau 2.2	Liste des échantillons sous-échantillonnés lors du tri des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup, juin 2007	5
Tableau 2.3	Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup, juin 2007	5
Tableau 3.1	Granulométrie des sédiments de la zone de rejet, à Rivière-du-Loup en 2005 et 2007	10
Tableau 3.2	Densité des organismes benthiques (nb d'organismes/m ²) par échantillon de la zone de rejet au large de Rivière-du-Loup, en 2005 et 2007	11
Tableau 3.3	Variables descriptives moyennes enregistrées dans les différentes zones au large de Rivière-du-Loup en juin 2005 et 2007.....	15
Tableau 3.4	Données relatives à la biomasse (mg/m ²) par échantillon des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007.....	16
Tableau 3.5	Variables descriptives et biomasse moyennes enregistrées dans la zone de dépôt au large de Rivière-du-Loup en 2005 et en 2007	18

LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Données relatives à l'abondance des organismes benthiques récoltés au site de mise en dépôt au large de Rivière-du-Loup en 2007
Annexe B	Biomasse des organismes benthiques récoltés au site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007

1.0 INTRODUCTION

La Société des traversiers du Québec (STQ) a obtenu en 2001, un décret décennal qui lui permet de draguer puis de rejeter en eau libre, les sédiments qui s'accumulent annuellement dans l'aire de manœuvre du traversier de Rivière-du-Loup. Ainsi, après le 31 décembre 2011, les opérations de dragage devront faire l'objet de nouvelles autorisations environnementales, notamment en ce qui a trait à la technique de dragage et le mode de disposition des sédiments dragués.

Actuellement, certaines composantes des infrastructures portuaires de Rivière-du-Loup arrivent à la fin de leur vie utile ou l'ont même excédée. La STQ envisage donc la reconstruction des quais à compter de 2010. Pour ce, elle a dû réaliser une étude qui visait à documenter les impacts des options de reconstruction. Dans le cadre de cette étude, Procean Environnement inc., en collaboration avec les Laboratoires SAB inc., avaient pour mandat de réaliser la caractérisation de la faune benthique des échantillons dans les sites affectés par les activités de dragage (dragage et mise en dépôt). Le premier volet de ce travail a été effectué en 2005 (Procean Environnement inc. 2006) et consistait en une évaluation de la richesse des communautés benthiques. Le deuxième volet, qui est l'objet de ce rapport, vise à déterminer le potentiel de régénération de la faune benthique au site de dépôt suite aux rejets de matériaux de dragage.

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 ÉCHANTILLONNAGE

Les 10 stations d'échantillonnage prévues en 2007 étaient réparties comme suit au site de dépôt :

- 4 stations dans le périmètre de dépôt dans le secteur de rejet en 2005
- 6 stations témoins (avec profondeur, granulométrie et hydrodynamique semblables aux autres stations) en dehors de l'influence des sédiments rejetés.

Ces 10 stations sont les mêmes que celles visitées en 2005, préalablement à la mise en dépôt dans la zone de rejet, des matériaux issus des travaux de dragage du quai de Rivière-du-Loup, en 2005. La localisation ainsi que les données relatives aux stations d'échantillonnage sont présentées respectivement à la figure 2.1 et au tableau 2.1.

L'échantillonnage a été effectué par l'équipe de Procean Environnement inc. entre le 7 et le 9 juin 2007. Il consistait en un prélèvement du benthos à l'aide d'une benne Van Veen (couvrant une surface de 0,1 m²). À chaque station, trois échantillons étaient prélevés. Les échantillons étaient ensuite passés sur un tamis de 0,5 mm et la fraction retenue étaient préservée dans l'alcool (méthanol) 70 %.

Figure 2.1 Localisation des stations d'échantillonnage de la zone de rejet et des stations témoins

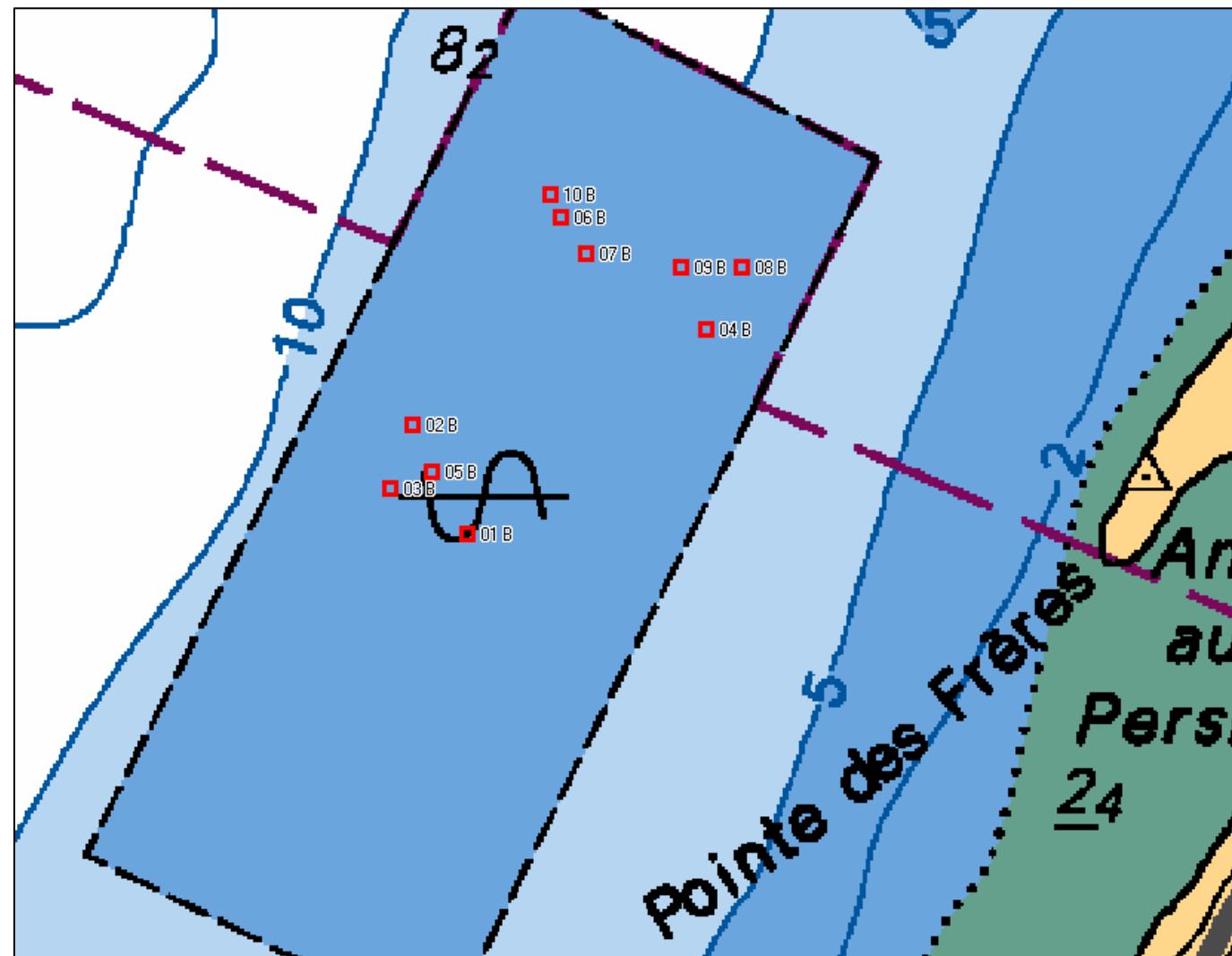


Tableau 2.1 Données relatives à l'échantillonnage du benthos, juin 2007

Zone	Station	Latitude (N)	Longitude (O)	Date	Heure	Type de benne
Rejet	01B	47°52'30.31"	69°34'35.07"	7 juin	10 h 39	Van Veen
Rejet	02B	47°52'40.47	69°34'42.81"	8 juin	14 h 15	Van Veen
Rejet	03B	47°52'34.45"	69°34'46.05"	8 juin	15 h 00	Van Veen
Rejet	05B	47°52'35.88"	69°34'40.23"	8 juin	15 h 00	Van Veen
Témoin	04B	47°52'49.21"	69°34'01.63"	8 juin	11 h 45	Van Veen
Témoin	06B	47°52'59.62"	69°34'21.99"	7 juin	14 h 30	Van Veen
Témoin	07B	47°52'56.13"	69°34'18.66"	9 juin	12 h 40	Van Veen
Témoin	08B	47°52'54.99"	69°33'56.37"	8 juin	10 h 32	Van Veen
Témoin	09B	47°52'54.92"	69°34'05.00"	7 juin	15 h 25	Van Veen
Témoin	10B	47°53'01.76"	69°34'23.37"	9 juin	11 h 47	Van Veen

Les stations visitées correspondent à celles visitées en 2005 (Tableau 2.1). Le positionnement a été effectué à l'aide d'un GPS Garmin 76. De plus, deux échantillons de sédiments supplémentaires ont été récoltés pour des analyses granulométriques, soit un échantillon situé dans la zone de rejet (station 05B) et un deuxième dans la zone témoin (station 07B). Les analyses granulométriques ont été effectuées par le laboratoire Bodycote inc. de Québec.

2.2 ANALYSES EN LABORATOIRE

2.2.1 Tri des organismes

Au laboratoire, les trois échantillons de benthos prélevés à chaque station ont été combinés avant d'être triés. Après avoir passé les sédiments sur un tamis de 2 mm d'ouverture de maille pour prélever les grosses particules, la fraction plus fine qui restait a été séparée en une partie organique et une partie inorganique (sable), étant donné la forte quantité de sable contenue dans les échantillons. Ainsi, les sédiments plus légers (organiques) ont été rincés et mis en suspension par brassage, puis cette fraction en suspension a été prélevée. Le tri de la partie grossière retenue par le tamis de 2 mm a été réalisé en totalité sous une loupe éclairante tandis que les composantes organiques et inorganiques restantes étaient triées au complet ou en partie (tableau 2.2) à la loupe binoculaire.

Un sous-échantillonnage a dû être effectué sur 9 des 10 échantillons, étant donné la grande quantité de sédiments. La méthode utilisée était d'homogénéiser le refus du tamis 2 mm sur un tamis à maille de 500 µm, d'en retirer l'eau et de prélever une fraction qui était pesée pour estimer la proportion (%) à analyser. Dans la plupart des cas, on comptait plus de 10 litres de sédiments à analyser et donc au moins 10 % de l'échantillon était trié pour respecter un temps de tri raisonnable de 10 heures. La liste des échantillons sous-échantillonnés est présentée au tableau 2.2. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a été extrapolé au nombre total contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

Pour valider la méthode de sous-échantillonnage, une analyse de variabilité sur un échantillon (i.e. 10 % des échantillons fractionnés; tableau 2.3) a été effectuée. Pour ce, le tri des 5 fractions de 20 % constituant un échantillon était effectué. L'erreur (Er) a été estimée avec la formule suivante :

$$Er = (\text{nb estimé par la fraction} / \text{nb trié dans l'échantillon complet} \times 100) - 100$$

Les organismes récoltés dans les échantillons ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxinomiques. Ils ont été conservés dans l'alcool à 70 % pour une identification ultérieure.

Un contrôle de qualité du tri a été effectué sur l'échantillon 3 (représentant 10 % des échantillons) et consistait en un tri des matières organiques conservées par une personne différente que le trieur d'origine. Le contrôle de qualité a démontré que moins de 3 % des organismes avaient été négligés.

Tableau 2.2 Liste des échantillons sous-échantillonnés lors du tri des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup, juin 2007

Échantillon	Partition (%)		
	grossier	organique	inorganique
1	Total	10	10
2	Total	Total	Total
3	Total	Total	10
4	Total	10	10
5	Total	Total	10
6	Total	Total	10
7	Total	10	10
8	Total	10	10
9	Total	10	10
10	Total	20	20

Tableau 2.3 Résultats du contrôle de qualité du fractionnement des échantillons lors du tri des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup, juin 2007

Contrôle de la qualité				
Échantillon # 2	Fraction (%)	Nombre trié	Nombre estimé	Erreur (%)
	20	44	220	-2.2
	20	41	205	-8.9
	20	39	195	-13.3
	20	49	245	8.9
	20	52	260	15.6
Total / moyenne	100	225		9.8
Nombre dans fraction total		5		

Erreur = (nombre estimé par la fraction / nombre trié ou estimé dans l'échantillon complet X 100) - 100

2.2.2 Identification

L'évaluation taxinomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Brunel *et al.* (1998). Le niveau de précision taxinomique visé était la famille. Dans certains cas les spécimens n'ont pu être identifiés jusqu'au niveau taxinomique recommandé car ils étaient trop petits ou abîmés. De plus, pour des groupes comme les bryozoaires, les porifères, les némertes et les nématodes, les organismes ne sont pas toujours adéquatement préservés ou les clés d'identification disponibles ne sont pas non plus toujours applicables, ce qui entraîne une certaine lacune dans l'identification.

2.2.3 Biomasse

Pour les biomasses, les poids frais égouttés de spécimens adultes de taille représentative de chaque famille ont été mesurés au 0,1 mg près sur une balance de précision, Mettler H35. Cependant, étant donné la variation de taille à l'intérieur d'une famille, certaines d'entre elles ont dû obtenir 2 mesures, soit une mesure pour les gros et une deuxième pour les petits spécimens.

Les spécimens avec coquille (mollusques, échinodermes) ont subi un traitement spécifique. Seule la biomasse de la chair après dissolution de la coquille a été considérée dans les résultats. Pour dissoudre la coquille, les petits organismes ont trempé dans de l'acide chlorhydrique (HCl) à 3,6 % pendant environ 5 heures (Livings et Coustalin, 1975). Dans le cas des gros spécimens, la chair a été simplement prélevée directement dans la coquille pour être pesée.

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

2.3.1 Abondance

Les données de dénombrement (nombre d'organismes benthiques identifiés) ont été saisies sous forme de matrice présentant les taxons sur les lignes et les échantillons sur les colonnes. L'annexe A présente la matrice originale des données.

Avant de procéder au traitement des données, certains groupes taxinomiques tels les nématodes, les bryozoaires, les porifères et les fragments de polychètes ont été enlevés de la matrice. En raison, dans le premier cas, de la méthodologie de prélèvement et du matériel d'échantillonnage qui n'étaient pas adaptés à la capture adéquate et exhaustive de ces organismes. Les bryozoaires et les porifères sont des morceaux de colonies qui se prêtent mal aux calculs statistiques. Pour ce qui est des fragments, ceux-ci pouvaient fausser les abondances car plusieurs fragments peuvent provenir d'un seul spécimen.

En premier lieu, les densités d'organismes benthiques ont été calculées en divisant les abondances par la surface échantillonnée par la benne Van Veen ($0,1 \text{ m}^2$). En plus de la densité, trois autres variables ont été utilisées pour décrire la communauté benthique : la richesse (nombre de taxons par échantillon), un indice de diversité (H' ; Shannon-Weaver, 1963) et un indice de régularité (J de Pielou; Legendre et Legendre, 1984). Le calcul des deux indices a été effectué en utilisant les formules suivantes :

$$\begin{array}{ll} \text{Diversité} & H' = (C/N) (N \log_{10} N - \sum n_i \log_{10} n_i) \\ \text{Régularité} & J = H'/(C \log_{10} S) \end{array}$$

C = constante convertissant le \log_{10} en \log_2 équivalent à 3,322;

N = nombre total d'individus dans l'échantillon;

n_i = nombre d'individus de l'espèce i;

S = nombre total de taxons.

Afin de faire des comparaisons entre les zones, nous avons également calculé l'indice de dissimilitude de Bray-Curtis qui se calcule avec la formule suivante :

$$\text{Bray-Curtis} = \frac{\sum |y_{i1} - y_{i2}|}{\sum (y_{i1} + y_{i2})}$$

y_{i1} = nombre d'invertébrés du taxon i à la station 1

y_{i2} = nombre d'invertébrés du taxon i de la médiane de référence

(médiane de l'abondance de toutes les stations de la zone de référence)

2.3.2 Biomasse

Les données de biomasse ont été estimées à partir des spécimens pesés (annexe B) puis intégrées dans le même genre de matrice que pour les abondances. Les nématodes, les bryozoaires, les porifères et les fragments de polychètes ont également été éliminés de cette matrice pour les mêmes raisons que celles citées plus haut.

La biomasse a été estimée par unité de surface (mg/m^2) pour chaque station en divisant la biomasse récoltée par la surface échantillonnée par la benne Van Veen.

2.3.3 Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA) a été appliquée aux variables descriptives du benthos et à la biomasse pour tester les différences entre les zones et les années d'échantillonnage. Les comparaisons ont été effectuées après avoir vérifié les conditions d'applicabilité de l'ANOVA (i.e. une distribution normale et l'homogénéité des variances) pour l'ensemble des zones. Ces conditions ont été vérifiées respectivement à l'aide des tests de Kolmogorov-Smirnov et de Levene (Scherrer, 1984). Dans la comparaison entre les zones, le log du coefficient de Bray-Curtis pour l'année 2007 a été utilisé dans les tests statistiques dans le but de normaliser les données et la racine carrée a été appliquée à la biomasse. Dans le cas du coefficient de Bray-Curtis pour l'année 2005, un test de Kruskall-Wallis (Sherrer, 1984) a été appliqué pour vérifier les différences entre les zones d'échantillonnage car les variances n'étaient pas homogènes, même après transformation. Concernant la comparaison entre les deux années d'échantillonnage, la racine carrée a été appliquée à la biomasse et à la densité pour normaliser les données.

3.0 RÉSULTATS

3.1 PARAMÈTRES DE SUPPORT

Les données granulométriques, mesurées dans la zone de mise en dépôt au large de Rivière-du-Loup en 2005 et en 2007, sont consignées dans le tableau 3.1. Les échantillons de sédiment, récoltés au cours des deux années, sont dominés par le sable (>95 %). On remarque cependant que le sable est plus grossier dans la zone de rejet que dans la zone témoin en 2007.

3.2 COMMUNAUTÉ D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES

3.2.1 Composition générale

Les communautés benthiques analysées en 2005 et 2007 dans la zone de mise en dépôt sont dominées par les annélides (polychètes et oligochètes) à 39 et 59 % respectivement. Viennent ensuite les crustacés (29 % en 2005) et les mollusques bivalves (28 % en 2005 et 25 % en 2007). Les autres groupes possèdent tous des proportions inférieures à 7 % de la communauté.

Au chapitre de la richesse taxinomique, c'est chez les polychètes que l'on rencontre le plus grand nombre de familles (7 taxons sur 21 au total en 2005 et 8 sur 32 en 2007). Parmi les familles dominantes, on retrouve surtout les polychètes orbiniidés et les bivalves tellinidés qui forment plus de 21 % de l'effectif total à chaque année d'échantillonnage.

Les densités d'organismes benthiques récoltées en 2005 et 2007 sont présentées au tableau 3.2. Ces densités sont en moyenne relativement faibles si on les compare à celles enregistrées par Dumont et al. (1976) dans une étude réalisée en amont de l'île aux Lièvres non loin de notre aire d'étude mais un peu plus au large. Ils observaient alors une faune beaucoup plus riche qui contenait entre autres près de 3000 polychètes/m².

Tableau 3.1 Granulométrie des sédiments de la zone de rejet, à Rivière-du-Loup en 2005 et 2007

	Zone	Station	Granulométrie (%)		Composition du sable	%
			Gravier	Sable		
Données de 2005	Rejet	5	0.5	99.5	fin grossier	7.4 88.2
	Témoin	7	2.0	98		
Données de 2007	Rejet	5	4.4	95.6	fin grossier	48.4 51.5
	Témoin	7	0.1	99.9		

Rapport final

Tableau 3.2 Densité des organismes benthiques (nb d'organismes/m²) par échantillon de la zone de rejet au large de Rivière-du-Loup, en 2005 et 2007

TAXON	2005										2007													
	Rejet				Témoin						Rejet				Témoin									
	1	2	3	5	4	6	7	8	9	10	1	2	3	5	4	6	7	8	9	10				
NEMERTEA								13	33						800									
MOLLUSCA																								
Bivalvia																								
Bivalvia (abîmés)	7	3			50		33		11															
Cardiidae	3	20				333		100																
Tellinidae																								
Solenidae																								
Nuculanidae																								
Mytilidae																								
Gastropoda																								
Gastropoda (abîmés ou petits)	3	10	3	5																				
Cylichnidae																								
Hydrobiidae																								
Littorinidae																								
Narticidae																								
Retusidae																								
Rissoidae																								
ANNELIDA																								
Polychaeta																								
Capitellidae																								
Nephtyidae	3	7	3	5	10				3															
Opheliidae																								
Orbiniidae	67	160	7	140	100	77			3															
Paraonidae																								
Phyllodocidae																								
Polynoidae																								
Spionidae																								
Syllidae																								
Oligochaeta																								
Enchytraeidae																								
Lumbriculidae																								
Tubificidae	3							67																
ARTHROPODA																								
Chelicerata																								
Arachnida																								
Acarí																								
Prostigmata																								
Halacaridae																								
Pycnogonida																								
Ammothéidae																								
CRUSTACEA																								
Ostracoda																								
Podocopida																								
Cytherideidae																								
Trachyleberididae																								
Malacostraca																								
Amphipoda																								
Lysianassidae																								
Oedicerotidae																								
Pontoporeiidae	17		10		50	143			70	11														
Cumacea																								
Diastylidae																								
Leuconidae		3																						
ECHINODERMATA																								
Echinoidea																								
Strongylocentrotidae																								
CHORDATA																								
Ascidiae																								
Molgulidae ? (petits)																								
Densité totale	110	247	40	190	370	553	11	280	160	78	430	1360	2020	1210	2710	1560	2800	1840	780	1370				
Nombre total de taxons	9	12	5	9	7	3	1	5	7	4	10	10	17	15	9	13	13	10	6	8				
Diversité	2.01	1.99	2.28	1.6	2.47	1.34		2.09	2.11	1.66	2.39	2.12	2.42	2.82	2.71	3.06	3.05	2.76	2.09	2.09				
Régularité	0.3	0.25	0.43	0.21	0.29	0.15		0.26	0.29	0.26	0.44	0.30	0.32	0.41	0.33	0.42	0.38	0.37	0.33	0.29				
Coefficient de Bray-Curtis	0.07	0.16	0.05	0.10	0.74	0.56	0.07	0.25	0.08	0.04	0.13	0.11	0.14	0.08	0.041	0.06	0.14	0.08	0.06	0.13				

En gras: les nouveaux taxons en 2007

3.2.2 Composition par zone

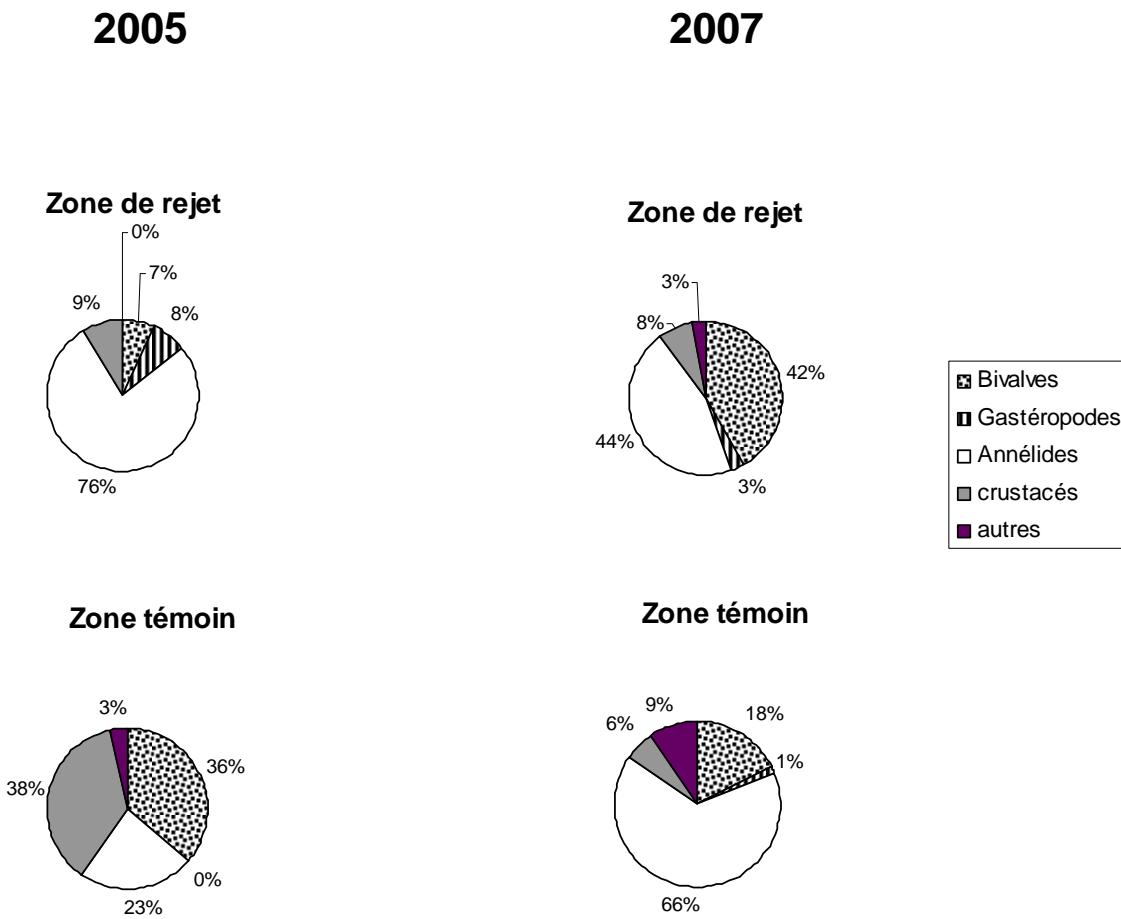
Composition taxonomique

En 2005, la zone de rejet était nettement dominée par les annélides polychètes tandis que la zone témoin était composée de crustacés et de bivalves en plus grand nombre (figure 3.1). Les principaux polychètes rencontrés sont les orbiniidés, souvent associés à un substrat sablonneux (Gosner, 1978) comme celui retrouvé dans la zone de dépôt. Dans la zone témoin, les amphipodes sont bien représentés en raison principalement de la famille des pontoporeiidés. Les bivalves sont presque aussi nombreux que les crustacés avec un bon nombre de tellinidés qui fréquentent en général les eaux peu profondes et se nourrissent de débris organiques (Gosner, 1978; Lubinsky, 1980).

En 2007, les annélides dominent les deux zones et les bivalves arrivent au deuxième rang en terme d'abondance. Comme en 2005, les polychètes orbiniidés sont très nombreux. On note la forte abondance des polychètes opheliidés dans la zone témoin mais qui sont absents de la zone de rejet. Ces deux familles sont associées aux substrats sablonneux de la zone de dépôt. Les ophéliidés sont retrouvés dans les sables propres (Gosner, 1978; Pocklington, 1989) ce qui pourrait expliquer leur absence dans la zone de rejet car celle-ci a été sujette à la mise en dépôt des déblais de dragage il y a 2 ans. Les spionidés sont seulement représentés dans la zone de rejet, probablement en raison de leur tolérance pour les milieux pollués (Pocklington, 1989) vestiges des déblais de dragage. Cette famille est considérée comme parmi les pionnières lors de la colonisation d'un milieu. Fait à noter, les oligochètes sont bien représentés dans la zone témoin. Ils forment à eux seuls, près de 40 % des annélides de cette zone. Du côté des bivalves, ce sont encore les tellinidés qui dominent mais on remarque la présence exclusive dans la zone de rejet des cardiidés qui préfèrent les fonds sablonneux (Abbott, 1982).

On note très souvent qu'il est difficile d'interpréter la présence de certains groupes taxinomiques étant donné le niveau d'identification à la famille. Plusieurs espèces se comportent différemment à l'intérieur d'une même famille. La composition taxinomique des zones serait non seulement liée aux activités de dépôt de déblais de dragage, comme en font foi l'absence des polychètes opheliidé et la présence exclusive des spionidés dans la zone de rejet mais aussi à la nature granulométrique des sédiments. On retrouve en effet de nombreux polychètes orbiniidés et opheliidés associés au substrat sablonneux dans la zone de dépôt.

Figure 3.1 Abondance relative (%) des grands groupes d'organismes benthiques récoltés dans la zone de rejet au large de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007



Variables descriptives

La comparaison des variables descriptives calculées pour 2005 entre la zone de rejet et la zone témoin montre seulement une différence significative dans le nombre de taxons moyens (tableau 3.3). En effet, on note un plus grand nombre de taxons dans la zone de rejet, qui n'avait pas été encore utilisée comme site de dépôt à l'époque. Pour ce qui est des autres variables, il n'y avait aucune différence entre les deux zones. En 2007, la même tendance se dessine. Cette fois-ci toutes les variables descriptives sont semblables d'une zone à l'autre.

Les densités sont relativement faibles dans la zone de dépôt probablement en raison de la nature sablonneuse du substrat qui supporte des communautés moins denses. Durant les deux années d'échantillonnage, les plus fortes valeurs sont observées dans la zone témoin avec un maximum de 2800 organismes/m² en 2007. Pour ce qui est de la richesse, les stations ayant le plus de taxons se retrouvent dans la zone de rejet.

Les indices de diversité sont relativement faibles en 2005. Précisons que plus la valeur de l'indice de diversité est petite, plus la communauté est indicatrice d'un milieu perturbé (Wihlm, 1970). Les valeurs supérieures à 2.4 en 2007 montrent des communautés plus équilibrées. Les plus fortes valeurs (>3) ont été enregistrées dans la zone témoin. D'un autre côté, l'indice de régularité qui mesure la distribution des individus parmi les taxons récoltés est également faible. Plus l'indice est proche de 1, plus la communauté est stable. Les plus fortes valeurs parmi les indices de régularité enregistrés en 2005 et 2007 dans cette étude sont respectivement de 0,43 et 0,44, dans la zone de rejet. Les coefficients de Bray-Curtis sont très faibles en 2005 et 2007 ce qui signifie que les communautés sont semblables d'une zone à l'autre durant ces années.

Biomasse

Les données relatives à la biomasse des organismes benthiques récoltés par unité de surface aux stations d'échantillonnage au large de Rivière-du-Loup sont présentées au tableau 3.4.

En 2005, la zone de rejet affichait la plus petite valeur de la biomasse moyenne mesurée par unité de surface avec 6.8 g / m². Elle était un peu plus forte dans la zone témoin avec plus de 10 g / m². En 2007, les biomasses montrent des valeurs de plus de 44 et de 77 g / m² pour la zone de rejet et la zone témoin respectivement, ce qui est comparable à la biomasse moyenne enregistrée dans la zone de dragage témoin en 2005 qui était de 97 g / m² (Procean Environnement inc. 2006).

**Tableau 3.3 Variables descriptives moyennes enregistrées dans les différentes zones
au large de Rivière-du-Loup en juin 2005 et 2007**

Zone	2007		2005	
	Rejet	Témoin	Rejet	Témoin
Nombre de stations	4	6	4	6
Densité	1255.0	1843.0	147	242
Écart type	653.0	788.0	90.6	201
	a	a	a	a
Nombre de taxons	13	10	9	5
Écart type	3.6	2.8	2.9	2.4
	a	a	a	b
Diversité	2.44	2.63	1.97	1.61
Écart type	0.29	0.44	0.28	0.88
	a	a	a	a
Régularité	0.37	0.35	0.3	0.21
Écart type	0.07	0.04	0.09	0.11
	a	a	a	a
Coefficient de Bray-Curtis	0.12	0.16	0.1	0.29
Écart type	0.03	0.13	0.05	0.29
	a	a	a	a

Les moyennes montrant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison de Tukey pour toutes les variables sauf pour le coefficient de Bray-Curtis en 2005 qui a été testé avec un test de Kruskal-Wallis ($p=0,05$)

Tableau 3.4 Données relatives à la biomasse (mg/m^2) par échantillon des organismes benthiques récoltés au large de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007

Rapport final

Tableau 3.4 (suite)

		2005										2007									
		Rejet 2005					Témoin					Rejet 2005					Témoin				
	TAXON	1	2	3	5	4	6	7	8	9	10	1	2	3	5	4	6	7	8	9	10
CRUSTACEA	Ostracoda																				
	Podocopida																				
	Cytherideidae																				
	Trachyleberididae																				
	Malacostraca																				
	Amphipoda																				
	Lysianassidae																				
	Oedicerotidae																				
	Pontoporeiidae																				
ECHINODERMATA	Cumacea																				
	Diastylidae																				
	Leuconidae																				
	Echinoidea																				
	Strongylocentrotidae																				
	CHORDATA																				
	Asciidiacea																				
	Molgulidae ?																				
	Biomasse totale (mg/m ²)	874.7	1901.4	113.1	24404.1	1557.0	38744.9	92.2	15238	1378.3	3170.0	30189.3	4315	54241	90122	13925	252610.5	121772	21110	9685	47679
	Moyenne (mg/m ²) par zone	6823.3				10030.1					44717					77797					
	Écart type	11743				15127					36495					95219					

3.2.3 Comparaison entre 2005 et 2007

La composition générale de la communauté benthique de la zone de dépôt a sensiblement changé depuis 2005. Les annélides sont plus nombreux surtout pour ce qui est des polychètes orbiniidés et opheliidés (tableau 3.2). La proportion des bivalves diminue un peu mais les tellinidés restent très présents.

Du côté des variables descriptives, le tableau 3.5 présente les valeurs moyennes enregistrées dans la zone de dépôt en 2005 et en 2007. Toutes les valeurs sont significativement plus élevées en 2007. Les densités sont huit fois plus fortes et le nombre de taxons a presque doublé. Ces tendances à la hausse se reflètent aussi dans les indices de diversité et de régularité qui montrent des communautés qui semblent plus équilibrées qu'il y a deux ans. Les biomasses tout comme les densités, sont huit fois plus élevées.

Tableau 3.5 Variables descriptives et biomasse moyennes enregistrées dans la zone de dépôt au large de Rivière-du-Loup en 2005 et en 2007

Année	2005	2007
Nombre de stations	10	10
Densité (nb/m ²)	203.89	1608.00
Écart type	166.05 a	760.92 B
Nombre total de taxons	6.20	11.10
Écart type	3.26 a	3.35 B
Diversité	1.76	2.55
Écart type	0.70 a	0.38 B
Régularité	0.24	0.36
Écart type	0.11 a	0.05 B
Biomasse (mg/m ²)	8747.40	64564.83
Écart type	13260.40 a	75978.80 B

Les moyennes montrant la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison de Tukey ($p=0.05$)

3.2.4 Régénération

À la lumière des résultats obtenus, surtout lors de la comparaison des variables descriptives entre la zone de rejet et la zone témoin en 2007, on peut supposer que le processus de régénération est probablement avancé. En effet, on n'observe pas de différence entre les variables moyennes des deux zones et leur coefficient de Bray-Curtis est très bas. Cependant la présence de polychètes spionidés qui forment un groupe pionnier dans le processus de colonisation et l'absence d'opheliidés fréquentant les sables propres (Pocklington, 1989), nous portent à croire que la régénération n'est pas terminée. ABP Research (1999) mentionne que le temps de recouvrement des communautés benthiques des zones draguées est relativement long (allant jusqu'à 10 ans) dans les milieux stables de sable. Une étude réalisée aux Iles-de-la-Madeleine faisait état d'un temps de recouvrement d'un milieu sablonneux, après dépôt des déblais de dragage, de plus de 4 ans (St-Laurent et al, 2004).

4.0 CONCLUSION

La présente étude a permis de démontrer que les communautés benthiques observées dans la zone de dépôt au large de Rivière-du-Loup ont évolué de 2005 à 2007. Elles sont plus riches, plus diversifiées et ont une biomasse plus grande que celles observées en 2005. Leur composition taxinomique reste semblable toujours dominée par des annélides et surtout les polychètes orbiniidés et ophéliidés, mais aussi par les bivalves tellinidés.

La zone de rejet est caractérisée par les bivalves cardiidés et les polychètes spionidés propres à des communautés en régénération. La zone témoin est habitée par les polychètes opheliidés qui préfèrent les sables propres.

La zone de rejet est dans un processus de colonisation qui pourrait durer encore quelques années. Une nouvelle étude sur la régénération de la communauté, comprenant une troisième campagne de caractérisation de ces mêmes stations, pourrait probablement fixer la durée du processus de régénération de façon plus précise.

RÉFÉRENCES

- Abbott, R. T. 1982. Guide des coquillages de l'Amérique du Nord - Guide d'identification sur le terrain. Marcel Broquet, La Prairie, Qué. 288 p.
- ABP Research. 1999. Good practice guidelines for ports and harbours operating within or near UK marine Special Areas of Conservation. English Nature, UK Marine SACs Project. 120 p.
- Brunel, P., L. Bossé et G. Lamarche. 1998. Catalogue des invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Publ. Spéc. can. sci. halieut. aquat. 126. 405 p.
- Dumont, J.M., B. d'Anglejan et P. Brunel. 1976. Rôle des invertébrés benthiques tubicoles dans la rétention des sédiments estuariens. In Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec. Rapport annuel 1974-1975. Projet 73-5, pp. 82-83.
- Gosner, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New-York, N.Y.
- Legendre, L. et P. Legendre, 1998. Numerical ecology. Second English Edition, Elsevier Science. Amsterdam.
- Livings, C.D. et J.B. Coustalin. 1975. Zonation of intertidal biomass and related benthic data from Sturgeon and Roberts banks, Fraser River estuary, British Columbia. Can. Fish. and Mar. Serv. Tech. Report 468. 138 p.
- Lubinsky, I. 1980. Marine bivalve molluscs of the canadian central and eastern Arctic : faunal composition and zoogeography. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 207, 111 p.
- Naylor, E.. 1972. British marine Isopods. Synopses of the British Fauna No. 3. Academic Press, London. 86 p.
- Pocklington, P. 1989. Polychaetes of eastern Canada. An illustrated key to polychaetes of eastern Canada including the eastern arctic. Project funded by Ocean dumping control act research fund, National museums of Canada, Department of Fisheries and Oceans. 274 p.
- Procean Environnement inc. 2006. Étude de la richesse et de la biomasse de la faune benthique, Rivière-du-Loup, 2005. Dossier 501901-0031. Rapport remis à la Société des traversiers du Québec. 26 pages.
- Scherrer, B., 1984. Biostatistique. Gaétan Morin éditeur, Chicoutimi, Québec. 850 p.
- Shannon, C.E. et W. Weaver, 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois. 117 p.
- ST-Laurent, D., B. Jacquaz, D. Borcard et R. Chabot. 2004. Suivi spatiotemporel de la communauté benthique au Dépôt D des déblais de dragage du chenal de la Grande Entrée, îles-de-la-Madeleine, Québec. Rapport préparé en collaboration par Environnement Canada et Laboratoires SAB inc. pour la direction Protection de l'environnement, région du Québec, Environnement Canada, Montréal, QC. 34 p.
- Wihlm, J.L. 1970. Range of diversity in benthic macroinvertebrate populations. J. Wat. Pollut. Control Fed. 42: 221-224.

ANNEXE A

Données relatives à l'abondance des organismes benthiques récoltés au site de mise en dépôt au large de Rivière-du-Loup en 2007

TAXON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BRYOZOA	C	C	C		C	C	C	C	C	
PORIFERA	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
NEMERTEA			1							
NEMATODA	10		1	10	1				10	
MOLLUSCA										
Bivalvia										
Cardiidae		6	21		12					
Tellinidae	3	36	74	45	36	12	31	51	32	10
Solenidae			1		1	5	2			
Nuculanidae	20		1							5
Mytilidae								1		
Gastropoda										
Cyllichnidae		3	2		2	1			10	
Hydrobiidae		1			1					
Littorinidae						2		1		
Narticidae										
Retusidae					2					
Rissoidae		1	2							
ANNELIDA										
Polychaeta										
Polychaeta (morceaux)	32	94	100	75	70	45	113	5	20	17
Capitellidae	2		1		2		20			
Nephtyidae	1	1		2	1	2	1	3	1	3
Opheliidae				10		22	33	24	11	77
Orbiniidae		64	69	34	32	33	76	11	11	10
Paraonidae			1	10		11	30			
Phyllodocidae	1		1			1				
Polynoidae	1									
Spionidae	2	17	10		11					
Oligochaeta										
Enchytraeidae			1		50	1	20	10	40	20
Lumbriculidae					10					
Tubificidae			1		30	3	34	40	30	
CRUSTACEA										
Chelicerata										
Arachnida										
Acari										
Prostigmata							10	10		
Halacaridae										5
Pycnogonida										
Ammotheidae										
Ostracoda	10									
Podocopida										
Cytherideidae		1	1		1			10		
Malacostraca										
Amphipoda										
Lysianassidae		6	12		15	3	24	4	3	22
Oedicerotidae						2				
Cumacea					1					
Diastylidae										
Leuconidae				1						
ECHINODERMATA										
Echinoidea										
Strongylocentrotidae	1									
CHORDATA										
Molgulidae ? (petits)			3							

C: Colonie

ANNEXE B

Biomasse des organismes benthiques récoltés au site de
mise en dépôt de Rivière-du-Loup en 2005 et 2007

	TAXON	Échantillon *	Nombre d'organismes	Poids (mg)	Poid moyen (mg)
CNIDARIA	Anthozoa Metridiidae gros Metridiidae petits	16T 16T	6 9	1279.0 47.6	213.2 5.3
NEMERTEA		8F	4	0.4	0.1
NEMATODA		13F	7	0.1	0.01
MOLLUSQUES	Bivalvia Bivalvia (abîmé) gros Bivalvia (abîmé) petits Cardiidae Tellinidae gros Tellinidae petits Solenidae petits Nuculanidae gros Nuculanidae petits Mytilidae gros Mytilidae petits Gastropoda Gastropoda (abîmé) petits Cylichnidae Hydrobiidae Littorinidae Naticidae Retusidae Rissoidae	2T 28T 2T 5T 28F 28F 16T 3T 2T-07 3T 23F, 25T 7T-07 5T-07 3T-07	1 1 1 5 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1	280 0.3 <0.1 113.8 0.3 4700 6.9 0.4 280 2 <0.1 2.5 1.7 8.5 22 0.1 0.4	280.0 0.3 <0.1 113.8 0.1 4700.0 6.9 0.4 280.0 2.0 <0.1 2.5 0.9 4.3 22.0 0.1 0.4
ANNELIDA	Polychaeta Capitellidae Cossuridae Nephtyidae Nereidae gros Nereidae petits Opheliidae Orbiniidae Paranoidae Phyllodocidae Polynoidae Sigalionidae Spionidae Syllidae Terebellidae Oligochaeta Enchytraeidae Lumbriculidae Tubificidae	17F, 25F 28T 28T 28T 28T 4F 2T 7F-07 28T, 28F 28T 28F 2T, 28T 1T, 16T, 28T 28T 7F-07 7F-07 1T, 29T	6 1 1 4 5 2 10 3 2 1 2 6 3 1 4 3 5	2.6 <0.1 17.5 2252.2 148 115.4 54 0.1 2 20.4 8.6 2.5 0.6 24 0.5 0.5 1.5	0.4 <0.1 17.5 563.1 29.6 57.7 5.4 0.03 1.0 20.4 4.3 0.4 0.2 24.0 0.13 0.17 0.3
ARTHROPODA	Chelicerata Arachnida Prostigmata Halacaridae Pycnogonida Ammotheidae Crustacea Ostracoda Cytherideidae Trachyleberididae Malacostraca Amphipoda Gammaridae gros Gammaridae petits Lysianassidae gros Lysianassidae petits Oedicerotidae Phoxocephalidae Pontoporeiidae Cumacea Diastyliidae Leuconidae Isopoda Idoteidae Copepoda Harpacticoida Urimaria Insecta Coleoptera Elmidae Diptera Chironomidae Brachycera Dolichopodidae Sciomyzidae (pupe)	25F 16T, 28T 30F 10F 14F 14F 2T 2T 7T-07 28F 6F 19F, 4F 23F, 2T 19F 19F 13F 20F 19F 11F 26T	9 3 6 1 1 6 1 2 2 5 2 2 2 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1	0.2 3.7 3 0.5 48.6 2.8 86.6 8.3 7 2 5.6 2.4 0.9 1.1 <0.1 4 <0.1 <0.1 0.1 3	0.02 1.2 0.5 0.5 48.6 0.5 86.6 8.3 3.5 0.4 2.8 1.2 0.5 0.6 <0.1 1.9 <0.1 <0.1 0.1 2.5
ECHINODERMATA	Echinoidea Strongylocentrotidae CHORDATA Ascidiae Molgulidae ? (petits)	1T-07 3T-07	1 3	2486 0.1	2486.0 0.03

* T = total; F = fraction

07 = données de 2007



www.sncalvalin.com

Procean Environnement inc.
5955, rue Saint-Laurent
Bureau 300
Lévis (Québec)
G6V 3P5 Canada
Téléphone : 418-837-3621
Télécopieur : 418-837-2039

ANNEXE

R-10

**COURRIEL DE M. JEAN-PASCAL FORTIN,
DIRECTION DE L'ÉVALUATION
ENVIRONNEMENTALE DES PROJETS
HYDRIQUES ET INDUSTRIELS - MELCC,
COMM. PERS. 26 JANVIER 2022**

De: Fortin, Jean-Pascal <Jean-Pascal.Fortin@environnement.gouv.qc.ca>
Envoyé: 26 janvier 2022 14:36
À: Lévesque, Melanie; Jean-Philippe.Roy-Lebreux@traversiers.gouv.qc.ca
Cc: Michon, Pierre; Martineau, Christine; Roger, Jonathan
Objet: RE: [Externe] RE: Projet décennal dragage RDL / Suivi rencontre QC



Bonjour Madame Lévesque,

Pour ce qui est de la possibilité d'effectuer en parallèle une demande pour un décret de soustraction, les discussions se poursuivent pour les orientations possibles à ce sujet.

Voici les précisions pour les questions :

QC-10

L'équipe d'analyse est d'avis que l'information transmise dans l'étude d'impact concernant la faune ichthysienne est désuète et que certains impacts pourraient ne pas être considérés en raison du manque d'informations récentes.

À la section 6.2.3, il est indiqué que les espèces de poisson les plus susceptibles de fréquenter le secteur du quai de Rivière-du-Loup sont l'éperlan arc-en-ciel et le poulamon, qui étaient les espèces prédominantes lors des pêches de 2001 et 2002. De plus, il est indiqué, à la section 7.4 de l'étude d'impact, que le bar rayé n'est pas retenu comme composante valorisée en raison du faible potentiel de présence et la faible abondance d'individus dans ce secteur.

Or, nous savons actuellement que le bar rayé est une espèce présente dans le secteur des travaux et que les individus en migration vers les sites d'hivernage se regroupent en banc près de la côte. Toutefois, nous en connaissons peu sur l'utilisation du site par le bar rayé. Bien que le secteur visé par les travaux soit effectivement régulièrement perturbé depuis plusieurs années, cela ne représente pas un argument pour présumer de l'absence d'utilisation de cette zone par le bar rayé, qui est d'ailleurs réputé pour utiliser des zones où l'eau est plus chaude et turbide.

Par conséquent, un inventaire n'est pas nécessaire afin d'évaluer les impacts du projet. Toutefois, comme spécifié à la question 5, l'information concernant la composition de la communauté ichtyenne devrait être mise à jour en incluant les informations les plus récentes disponibles. Également, par principe de précaution, l'analyse des impacts du projet devrait prendre en considération la présence du bar rayé et démontrer en quoi les mesures proposées sont suffisantes advenant la présence de regroupements d'individus.

QC-13

- Par principe de précaution, l'objectif est, autant que possible, de s'assurer qu'à aucun moment les travaux de dragage ne mènent à l'introduction d'EEE. Comme les EEE ont été identifiées comme menace pour les espèces fauniques locales, pourquoi elles ne sont pas identifiées comme un impact à considérer ? Un certain risque persiste en lien avec l'introduction d'espèces pouvant affecter les communautés vertébrées et invertébrées locales puisque l'équipement est utilisé un peu partout dans le fleuve Saint-Laurent et qu'il peut par conséquent devenir un vecteur de propagation.
 - Pourquoi cet aspect n'est pas abordé et quelles seront les mesures mises en place pour le contrôler ? Il est possible que les mesures BIO1 et BIO2 soient suffisantes; toutefois

l'initiateur doit s'assurer d'identifier les EEE pouvant affecter le milieu et évaluer les mesures applicables (par exemple : inspection du bateau, contrôle des eaux de ballast, etc.).

- La présente autorisation gouvernementale vise un programme qui sera mis en œuvre sur une période de dix ans. Considérant que nous sommes dans une époque où les changements climatiques sont une réalité et que leurs conséquences se font de plus en plus ressentir de façon concrète, il est possible que les conditions du milieu connaissent une certaine modification entre maintenant et les dernières années d'application du programme décennal. Ces modifications peuvent inclure un changement dans la température moyenne et un impact sur la salinité ambiante, deux critères qui peuvent influencer la capacité du milieu à recevoir une EEE, selon le niveau de tolérance de celle-ci.
 - Est-il possible que, d'ici la fin du programme, le site devienne propice à accueillir de nouvelles EEE qui ne sont pas encore présente dans le milieu?
 - Dans l'affirmative, les mesures qui sont prévues à ce point-ci du programme seront-elles suffisantes pour empêcher la propagation de ces nouvelles EEE et quelles nouvelles mesures seront mises en place si les conditions du milieu se modifient ?

Bonne fin de journée,

Jean-Pascal Fortin
Géographe, M. Sc. Eau
Charge de projet

Direction de l'évaluation environnementale
des projets hydrauliques et industriels
Ministère de l'Environnement et
de la Lutte contre les changements climatiques
675, boul. René-Lévesque Est, 6e étage, boîte 83
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone: (418) 521-3933, poste 7254
jean-pascal.fortin@environnement.gouv.qc.ca

*Prenez note que je travaille présentement à distance pour contribuer aux efforts
de prévention de la Covid-19. Je répondrai à votre courriel dans les meilleurs délais.*

De : Lévesque, Melanie <Melanie.Levesque@wsp.com>

Envoyé : 25 janvier 2022 11:35

À : Fortin, Jean-Pascal <Jean-Pascal.Fortin@environnement.gouv.qc.ca>; Jean-Philippe.Roy-Lebreux@traversiers.gouv.qc.ca

Cc : Michon, Pierre <Pierre.Michon@environnement.gouv.qc.ca>; Martineau, Christine <christine.martineau@wsp.com>

Objet : [Externe] RE: Projet décennal dragage RDL / Suivi rencontre QC

Attention! Ce courriel provient d'une source externe. N'ouvrez pas les pièces jointes et ne cliquez pas sur les liens, à moins qu'il ne provienne d'un expéditeur connu et que vous sachiez que le contenu est sûr.

Bonjour M. Fortin

Parfait bien reçu! Merci! On attendra donc votre retour concernant ces deux questions (10 et 13). Je vous confirme qu'on vise toujours un dépôt de nos réponses le plus tôt possible et nous sommes bien au fait de l'enjeu associé à l'échéancier. A cet égard, est-ce que nous pouvons compter sur le MELCC pour valider la possibilité en parallèle d'effectuer une demande pour un décret de soustraction, question de prévoir un plan B. Je vous rassure que malgré tout on fera tout en notre pouvoir pour diminuer les délais associés à notre reconduction.

Salutations



Mélanie Lévesque

Gestionnaire Écologie Aquatique- Province du Québec /
Aquatic Ecology Manager - Province of Quebec



WSP Canada Inc.
1135, boul. Lebourgneuf
Québec, Québec
G2K 0M5 Canada

De : Fortin, Jean-Pascal <Jean-Pascal.Fortin@environnement.gouv.qc.ca>

Envoyé : 20 janvier 2022 11:04

À : Lévesque, Melanie <Melanie.Levesque@wsp.com>; Jean-Philippe.Roy-Lebreux@traversiers.gouv.qc.ca

Cc : Michon, Pierre <Pierre.Michon@environnement.gouv.qc.ca>

Objet : Projet décennal dragage RDL / Suivi rencontre QC



Bonjour Madame Lévesque,

Suite à nos discussions lors de la rencontre de mardi dernier, j'attends un retour de mes collègues concernant la question 10 et 13 pour le milieu de la semaine prochaine. Dès que j'aurai un retour, je vous ferai part de leurs précisions.

Pour ce qui est de l'échéancier, tel que mentionné lors de la rencontre, il est plutôt serré. À cet égard, nous vous invitons à déposer vos réponses le plus tôt possible. Pour le moment vous nous avez mentionné la fin du mois de janvier.

Bonne journée,

Jean-Pascal Fortin
Géographe, M. Sc. Eau
Chargé de projet

Direction de l'évaluation environnementale
des projets hydriques et industriels
Ministère de l'Environnement et
de la Lutte contre les changements climatiques
675, boul. René-Lévesque Est, 6^e étage, boîte 83
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone: (418) 521-3933, poste 7254
jean-pascal.fortin@environnement.gouv.qc.ca

Prenez note que je travaille présentement à distance pour contribuer aux efforts de prévention de la Covid-19. Je répondrai à votre courriel dans les meilleurs délais.

NOTICE: This communication and any attachments ("this message") may contain information which is privileged, confidential, proprietary or otherwise subject to restricted disclosure under applicable law. This message is for the sole use of the intended recipient(s). Any unauthorized use, disclosure, viewing, copying, alteration, dissemination or distribution of, or reliance on, this message is strictly prohibited. If you have received this message in error, or you are not an authorized or intended recipient, please notify the sender immediately by replying to this message, delete this message and all copies from your e-mail system and destroy any printed copies. You are receiving this communication because you are listed as a current WSP contact. Should you have any questions regarding WSP's electronic communications policy, please consult our Anti-Spam Commitment at www.wsp.com/casl. For any concern or if you believe you should not be receiving this message, please forward this message to caslcompliance@wsp.com so that we can promptly address your request. Note that not all messages sent by WSP qualify as commercial electronic messages.

AVIS : Ce message, incluant tout fichier l'accompagnant (« le message »), peut contenir des renseignements ou de l'information privilégiés, confidentiels, propriétaires ou à divulgation restreinte en vertu de la loi. Ce message est destiné à l'usage exclusif du/des destinataire(s) voulu(s). Toute utilisation non

permise, divulgation, lecture, reproduction, modification, diffusion ou distribution est interdite. Si vous avez reçu ce message par erreur, ou que vous n'êtes pas un destinataire autorisé ou voulu, veuillez en aviser l'expéditeur immédiatement et détruire le message et toute copie électronique ou imprimée. Vous recevez cette communication car vous faites partie des contacts de WSP. Si vous avez des questions concernant la politique de communications électroniques de WSP, veuillez consulter notre Engagement anti-pourriel au www.wsp.com/cap. Pour toute question ou si vous croyez que vous ne devriez pas recevoir ce message, prière de le transférer au conformitelcap@wsp.com afin que nous puissions rapidement traiter votre demande. Notez que ce ne sont pas tous les messages transmis par WSP qui constituent des messages électroniques commerciaux.

-LAEmhHhHzdJzBiTWfa4Hgs7pbKl

Le registraire a supprimé ces informations en vertu des articles 53 et 54 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (chapitre A-2.1).

ANNEXE

R-12

**ÉTUDE COURANTOMÉTRIQUE AU SITE DE
MISE EN DÉPÔT À RIVIÈRE-DU-LOUP**

**ÉTUDE SUR LE DRAGAGE D'ENTRETIEN ET LES
MODES DE DISPERSION DES SÉDIMENTS DRAGUÉS**



Procean

Membre du Groupe **SNC-LAVALIN**

RAPPORT FINAL

COPIE

*Société
des traversiers*

Québec



SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEURS DU QUÉBEC

Étude courantométrique au site de mise en dépôt à Rivière-du-Loup

N° 501901-0084

Le 14 mars 2006

Rév. 00



Membre du Groupe **SNC-LAVALIN**

RAPPORT FINAL

*Société
des traversiers*

Québec



SOCIÉTÉ DES TRAVERSIEURS DU QUÉBEC

Étude courantométrique au site de mise en dépôt à Rivière-du-Loup

N° 501901-0084

Le 14 mars 2006

Rév. 00

Préparé par :

Danielle Cloutier, Ph. D océanographie

Vérifié par :

Robert Demers, biologiste, chargé de projet

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Ce document a été rédigé par Procean Environnement inc., conseillers en sciences et technologies maritimes et en environnement. La liste suivante présente l'équipe de travail qui a collaboré à la réalisation du présent rapport.

Robert Demers	Directeur de projet
Danielle Cloutier	Océanographe
Paul Blais	Géographe
Jonas Sahlin	Biographe

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	COURANTS	2
2.1	MÉTHODOLOGIE	2
3	RÉSULTATS ET DISCUSSION	4
3.1	VARIATIONS DU NIVEAU D'EAU ET DES VITESSES DE COURANT	4
3.2	ÉVOLUTION DE LA TURBIDITÉ AMBIANTE	15
4	CONCLUSION	17
5	BIBLIOGRAPHIE	18

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Emplacement du courantomètre ADCP et du turbidimètre Alec, dans la zone de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, 2005.	3
Figure 3.1	Variations temporelles de la hauteur significative des vagues et du niveau d'eau enregistrés au site de mise en dépôt à Rivière-du-Loup.	6
Figure 3.2	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 29 juin au 01 juillet 2005.	7
Figure 3.3	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 01 au 03 juillet 2005.	8
Figure 3.4	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 03 au 04 juillet 2005.	9
Figure 3.5	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 04 au 06 juillet 2005.	10
Figure 3.6	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 06 au 08 juillet 2005.	11
Figure 3.7	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 08 au 10 juillet 2005.	12
Figure 3.8	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 10 au 11 juillet 2005.	13
Figure 3.9	Variations de la vitesse et de la direction des courants au site de mise en dépôt, du 11 au 13 juillet 2005.	14
Figure 3.10	Évolution de la turbidité ambiante et du niveau prédit de la marée au site de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, du 29 juin au 9 juillet 2005.	16

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude sur le dragage d'entretien et les modes de disposition des sédiments dragués de Rivière-du-Loup, la Société des Traversiers du Québec (STQ) envisage la reconstruction des quais de Rivière-du-Loup à compter de l'année 2010. À cette fin, la STQ a mandaté Procean Environnement inc. afin de procéder à une étude des variations du courant et de la turbidité au site de mise en dépôt. L'objectif principal de cette étude est de caractériser les variations de la turbidité et du courant (profil vertical de vitesse et de direction), qui n'ont jamais été validées par des mesures en continu au site de mise en dépôt.

Ce relevé permettra ultérieurement de vérifier :

- Si les vitesses près du fond sont suffisantes pour éroder le matériel déposé et donc préciser la stabilité du site ;
- Les conditions hydrodynamiques servant de données de base aux modélisations sédimentologiques.

2 COURANTS

2.1 MÉTHODOLOGIE

Une station de mesures en mode d'acquisition continue avec enregistrement sur une mémoire résidente des appareils a été déployée au site de mise en dépôt. Cette station équipée d'un courantomètre acoustique à effet doppler Sentinel Workhorse (ADCP 600 KHz) et d'un turbidimètre Alec (modèle MTB16K) a été déployée à environ huit (8) mètres de profondeur¹ et à une distance de près de 3,6 km au nord-nord-est du quai de Rivière-du-Loup (Figure 2.1).

Le courantomètre positionné à environ 0,80 m au-dessus du fond effectue l'échantillonnage des paramètres de vagues (hauteurs significatives, périodes et fréquences), de niveaux d'eau, de vitesse et de direction des courants, pendant 1 minute à toutes les 10 (dix) minutes, à une fréquence de 3 Hz. Quant au turbidimètre Alec, il enregistre la turbidité ambiante à toutes les 10 (dix) minutes à une fréquence de un (1) Hertz. Le Alec permet de mettre en relation les variations de turbidité près du fond ($\approx 1 \text{ m}$)² en fonction des variations de courant au site de mise en dépôt.

L'enregistrement des mesures de courant et de turbidité a débuté le 29 juin 2005 à 12h32 et s'est terminé le 09 juillet à 10h00 pour l'enregistrement de la turbidité, alors qu'il s'est poursuivi jusqu'au 13 juillet à 08h22 pour les mesures de courant.

Les activités de dragage au quai de Rivière-du-Loup et de rejet des sédiments au site de mise en dépôt se sont déroulées du 27 juin au 15 juillet 2005 inclusivement, soit pendant la période d'enregistrement des données de courant et de turbidité. La station de mesures était située sur la limite externe de la zone prévue pour la mise en dépôt en 2005.

¹ Par rapport au zéro des cartes

² Hauteur qui correspond à la hauteur du senseur optique du turbidimètre (en position verticale).

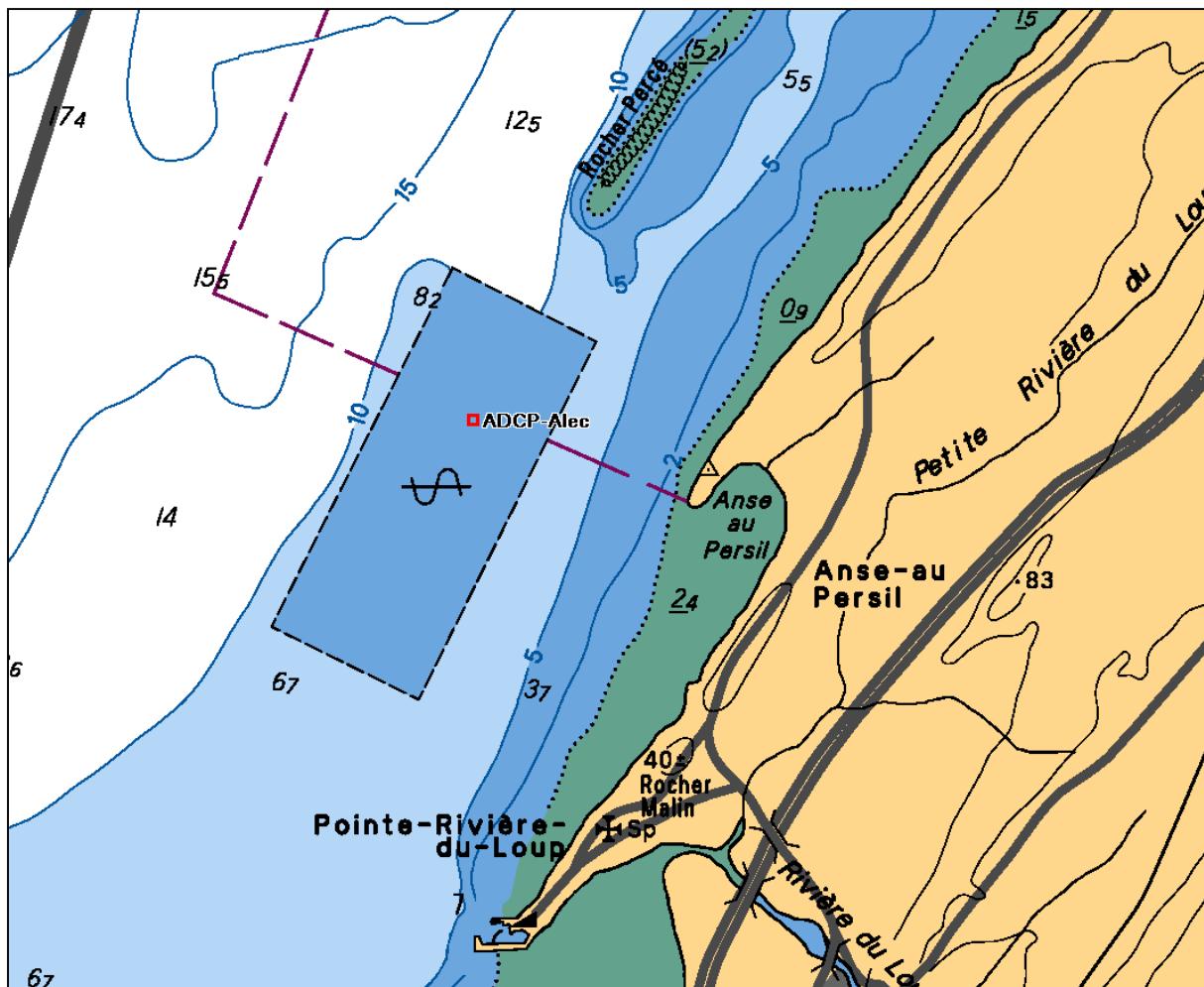


Figure 2.1 Emplacement du courantomètre ADCP et du turbidimètre Alec, dans la zone de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, 2005.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 VARIATIONS DU NIVEAU D'EAU ET DES VITESSES DE COURANT

Les profils en continu des variations temporelles de la hauteur significative (H_s) des vagues (A), de la période (T_p) des vagues (B), de la direction de propagation (D_p) des vagues (C) et du niveau d'eau (D) enregistrés au site de mise en dépôt du 29 juin au 13 juillet 2005 sont présentés à la figure 3.1. Les résultats montrent que durant la période d'enregistrement des mesures, la hauteur significative des vagues variait entre 0,12 et 0,5 m et que la période des vagues se situe entre 2,0 et 9,8 secondes. Les résultats montrent également que la direction de propagation des vagues varie en fonction de la direction des courants et indirectement du stade de la marée. Ainsi les vagues se dirigent soit vers le nord, soit vers le sud. Les vagues les plus hautes ($> 0,3$ m) sont formées lors d'un changement dans le stade de marée. De plus, les variations du niveau d'eau montrent que le site à l'étude est caractérisé par une marée mixte de type semi-diurne. Les résultats montrent que le niveau d'eau au site de mise en dépôt pendant la période d'étude a varié entre 11,7 (niveau minimal) à 15,5 m (niveau maximal). La période d'enregistrement des mesures a couvert la fin d'une période de mortes eaux, une période de vives eaux et le début d'une période de mortes eaux.

La série temporelle des variations verticales de la vitesse et de la direction des courants mesurées du 29 juin au 13 juillet 2005 sont présentées aux figures 3.2 A&B à 3.9 A&B. Les résultats montrent que la direction des courants au site de mise en dépôt varie selon deux directions dominantes, soit vers le sud-sud-ouest à environ 190 degrés et vers le nord-nord-est entre 350 et 15 degrés (Figures 3.2B à 3.9B). Ces directions correspondent aux courants de flot et de jusant respectivement et sont orientées parallèlement à l'axe du fleuve et de la rive dans ce secteur de l'estuaire. Ces résultats sont similaires à ce qui a été observé lors des mesures effectuées près de la rive dans ce secteur du fleuve (Procean Environnement inc., 2001; 2002; 2003; 2004).

Les relevés montrent également que la vitesse du courant varie en fonction des courants de flot et de jusant (Figures 3.2A à 3.9A). De façon général, les résultats montrent une distribution verticale typique de la vitesse du courant, soit des vitesses de courant maximales en surface et inférieures près du fond, suivant un profil logarithmique. Ce profil est surtout observé lors des courants de jusant où les vitesses de courant mesurées en surface, en période de vives-eaux, atteignent et dépassent 1,7 m/s dans le premier mètre de profondeur. Les vitesses maximales du courant sont observées à la moitié de la période du baissant. La vitesse du courant diminue ensuite à près de 1,0 m/s à mi-profondeur (environ 7 m) et à environ 0,4 m/s près du fond (< 2 m). En période de mortes eaux, le profil vertical de vitesse au jusant demeure sensiblement le même avec toutefois des vitesses en surface inférieures (1,5 m/s).

Le patron de distribution des vitesses de courant au début de la marée montante montre une augmentation de vitesse de 0,5 à plus de 1,0 m/s entre 5 et 10 mètres de profondeur. La vitesse en surface est inférieure à 0,8 m/s au début du flot. Ultérieurement, la vitesse passe à près de 1,3 m/s en surface et demeure entre 0,5 et 0,6 m/s près du fond, jusqu'à l'étale de marée haute.

Des mesures de courant effectuées dans la zone côtière de Rivière-du-Loup ont rapporté des vitesses de courant moyenne en surface au jusant de l'ordre de $V_{moy} = 1,54$ m/s alors qu'au flot, $V_{moy} = 1,2$ m/s (Procéan Environnement inc., 2005). Les vitesses de courant rapportées pour ce secteur de l'estuaire sont de 1,03 à 1,3 m/s (SHC, carte marine 123501).

En période d'étale de marée, la vitesse des courants diminue de façon uniforme sur toute la tranche d'eau (de la surface jusqu'au fond) et demeurent près de 0,3 m/s. Ces valeurs correspondent aux vitesses de courant les plus faibles et sont observées lors des changements dans la direction des courants, soit après l'étale de marée haute et de marée basse.

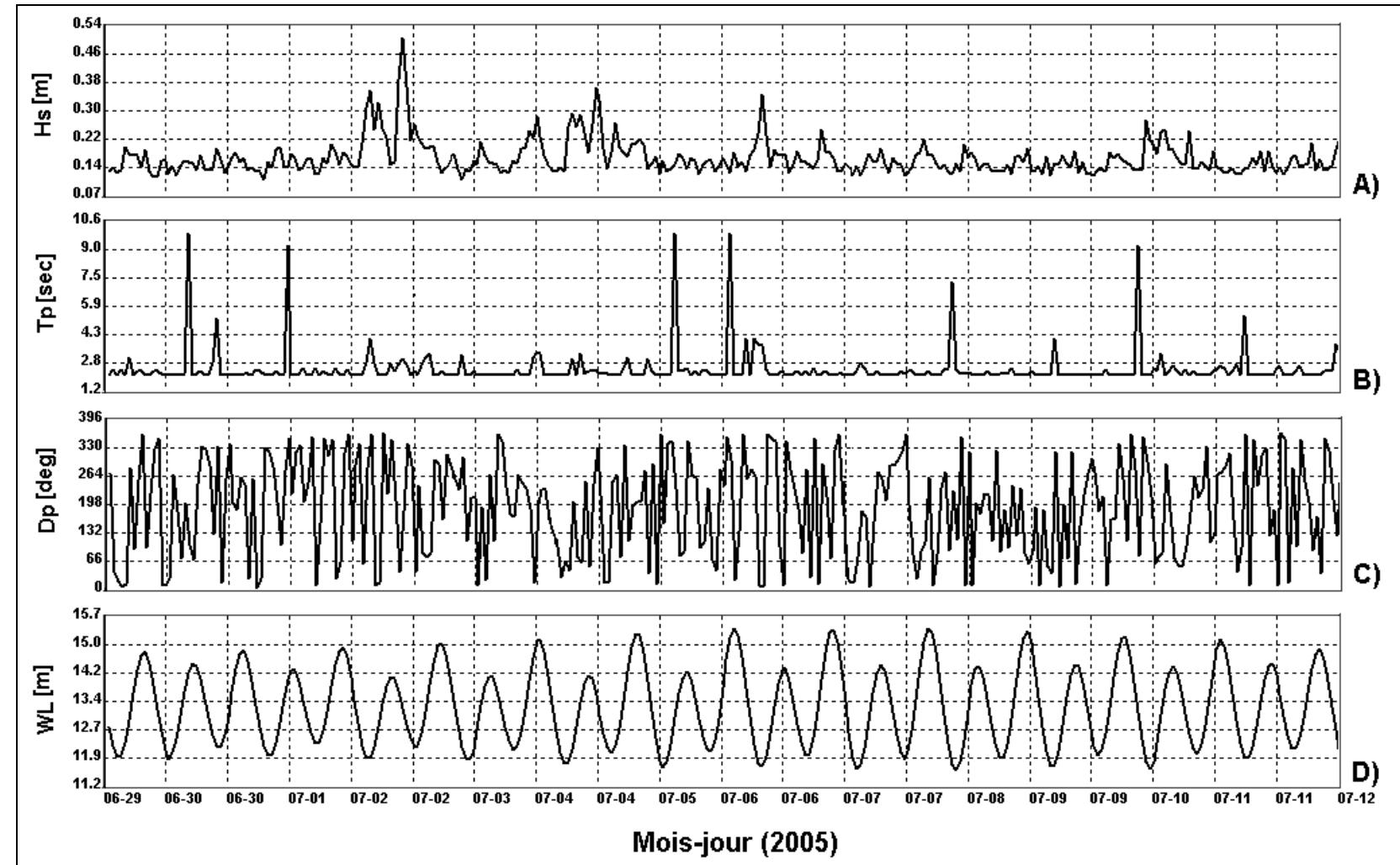


Figure 3.1 Variations temporelles de la hauteur significative (H_s) des vagues (A), de la période (T_p) de vagues (B), de la direction de propagation (D_p) des vagues (C) et du niveau d'eau (D) enregistrés au site de mise en dépôt du 29 juin au 13 juillet 2005, Rivière-du-Loup.

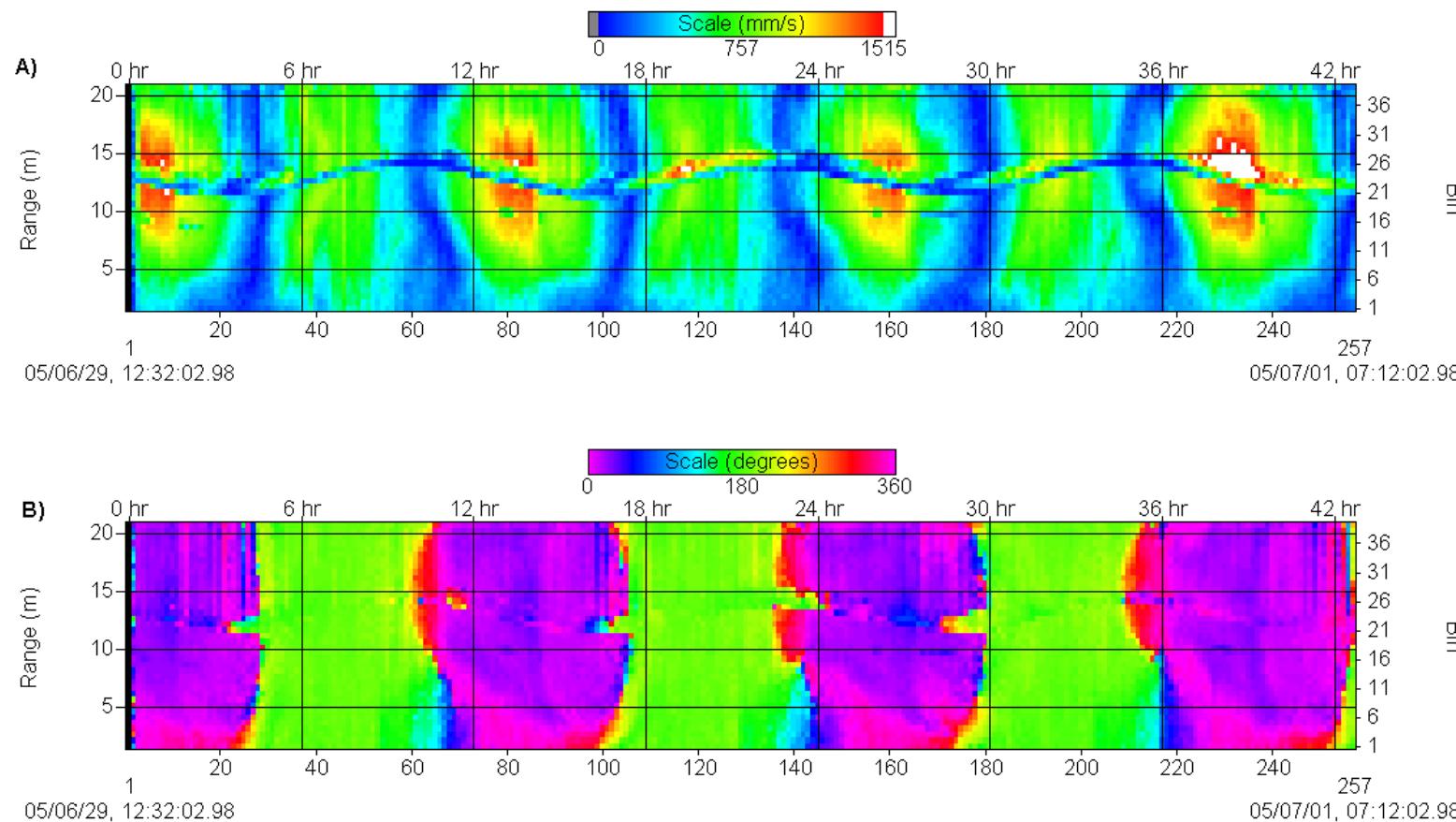
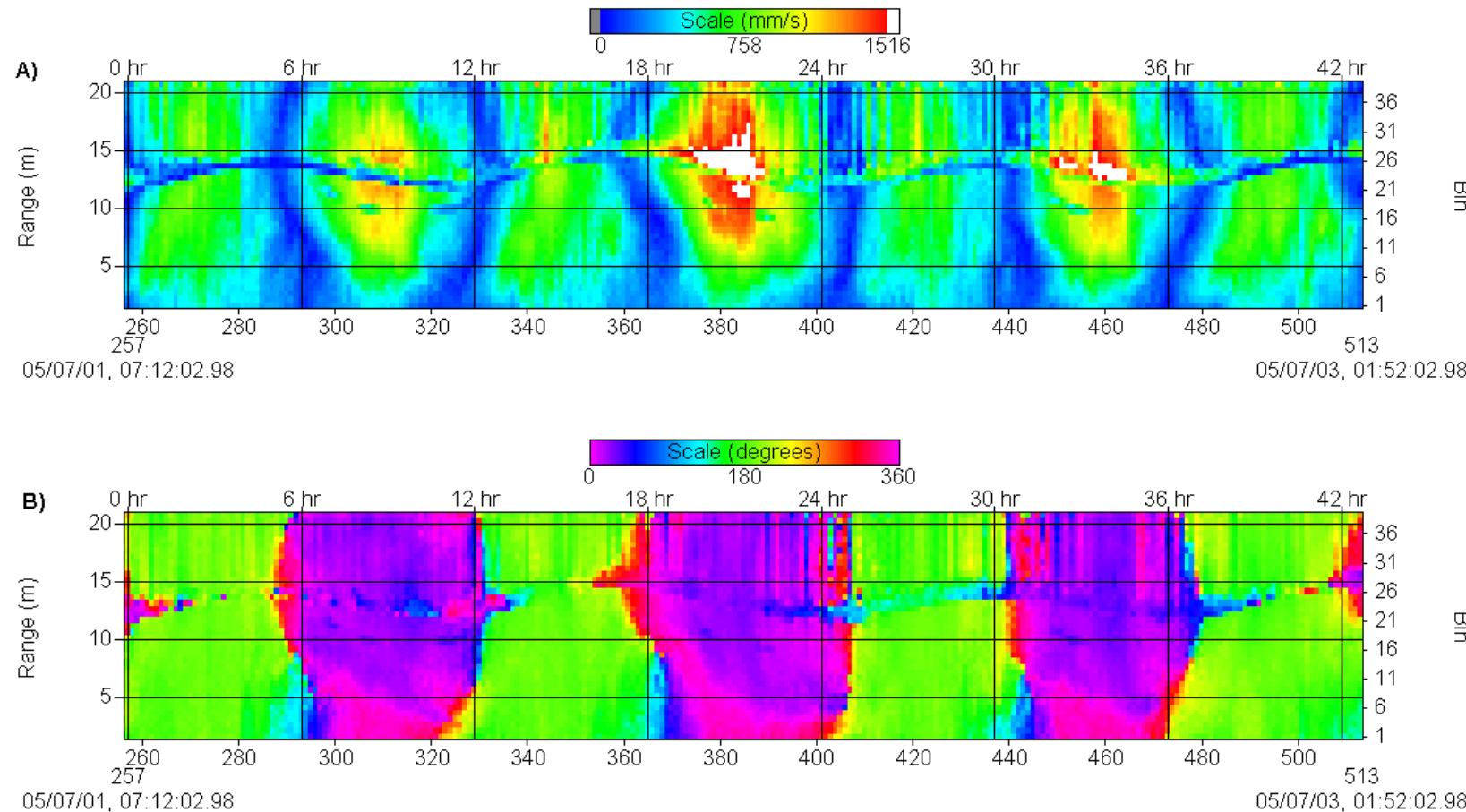
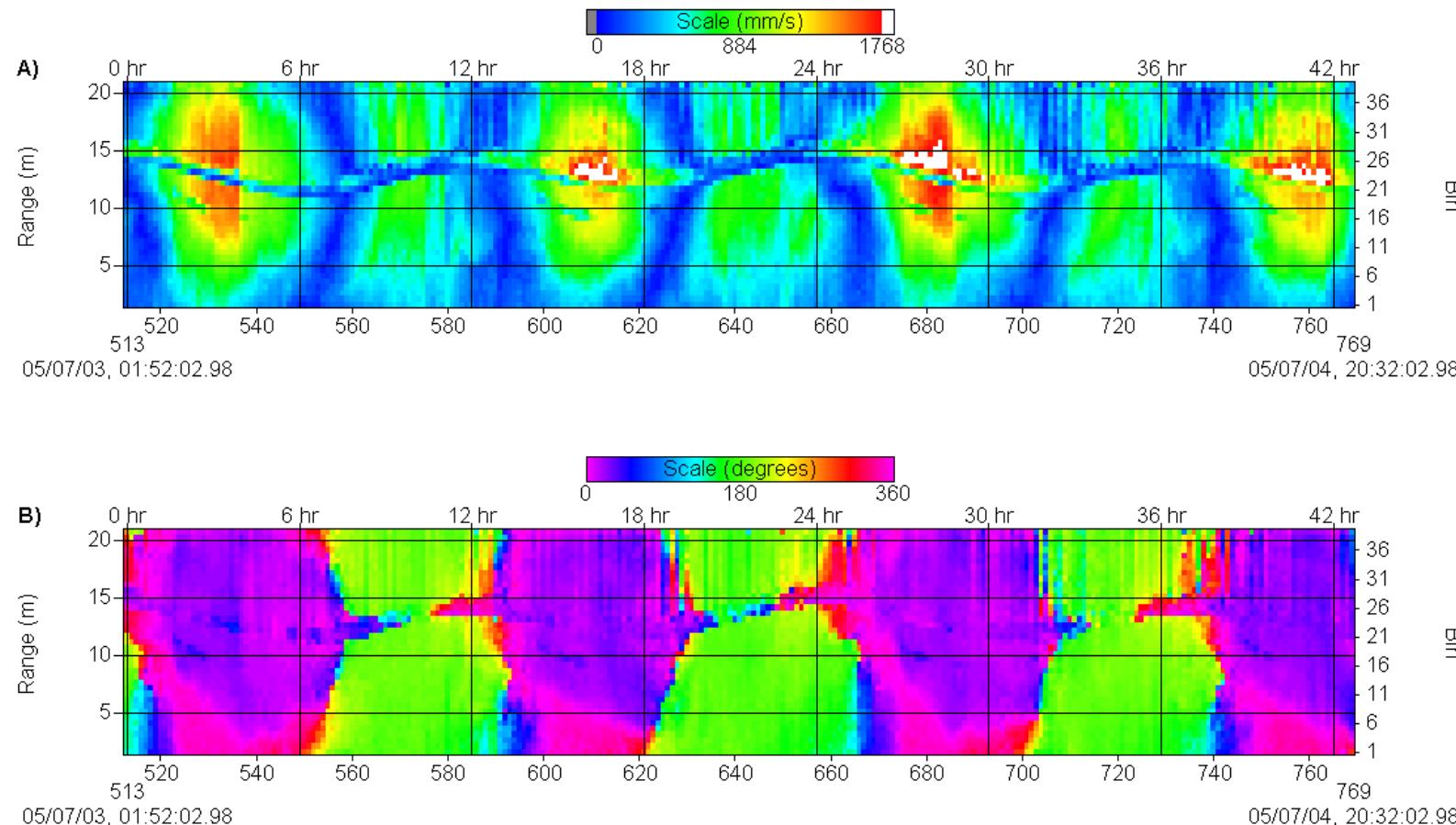


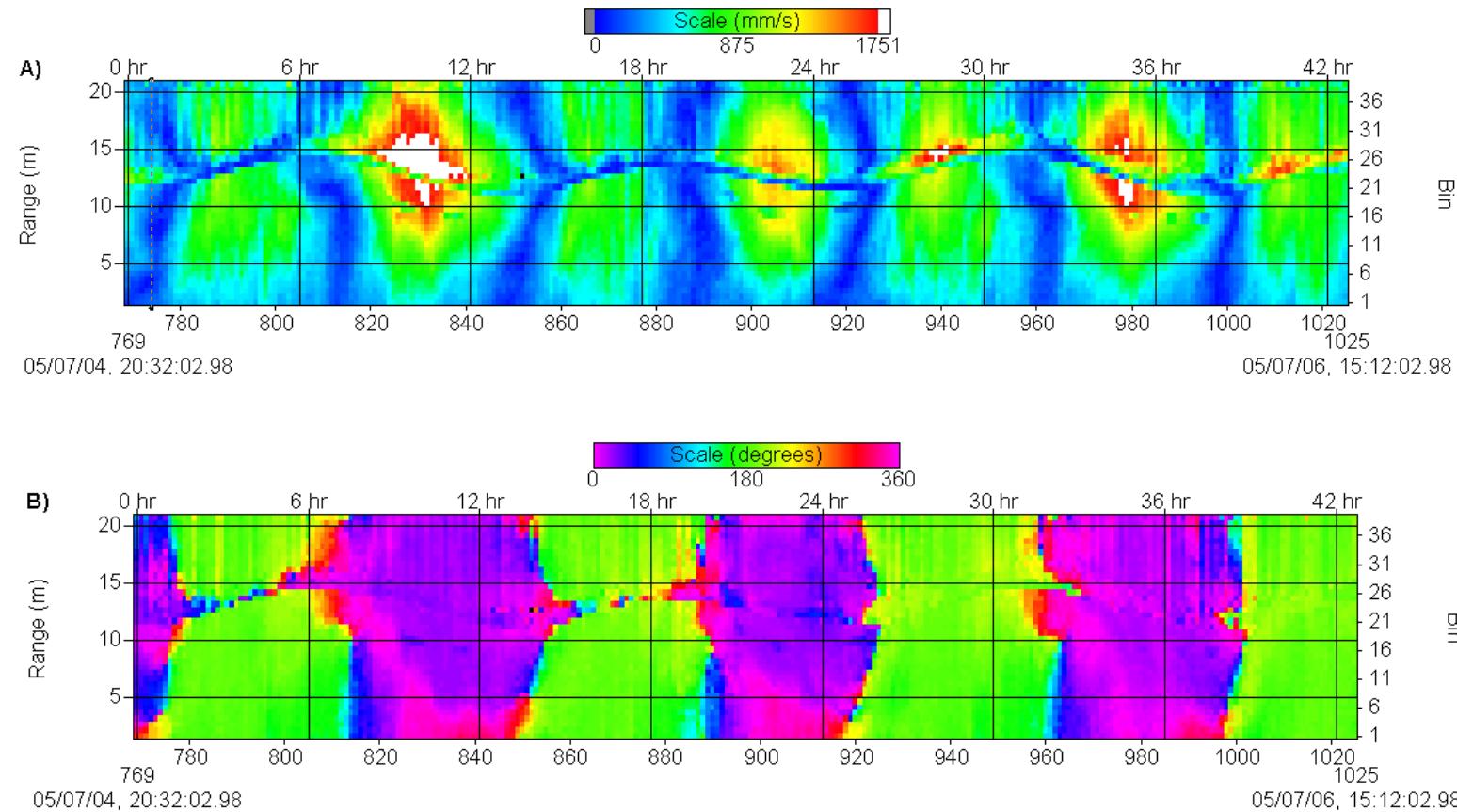
Figure 3.2 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 29 juin au 01 juillet 2005. Le trait bleu horizontal en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée. Les zones bleues correspondent aux étages de marées. Les courants de flot sont en vert (B).



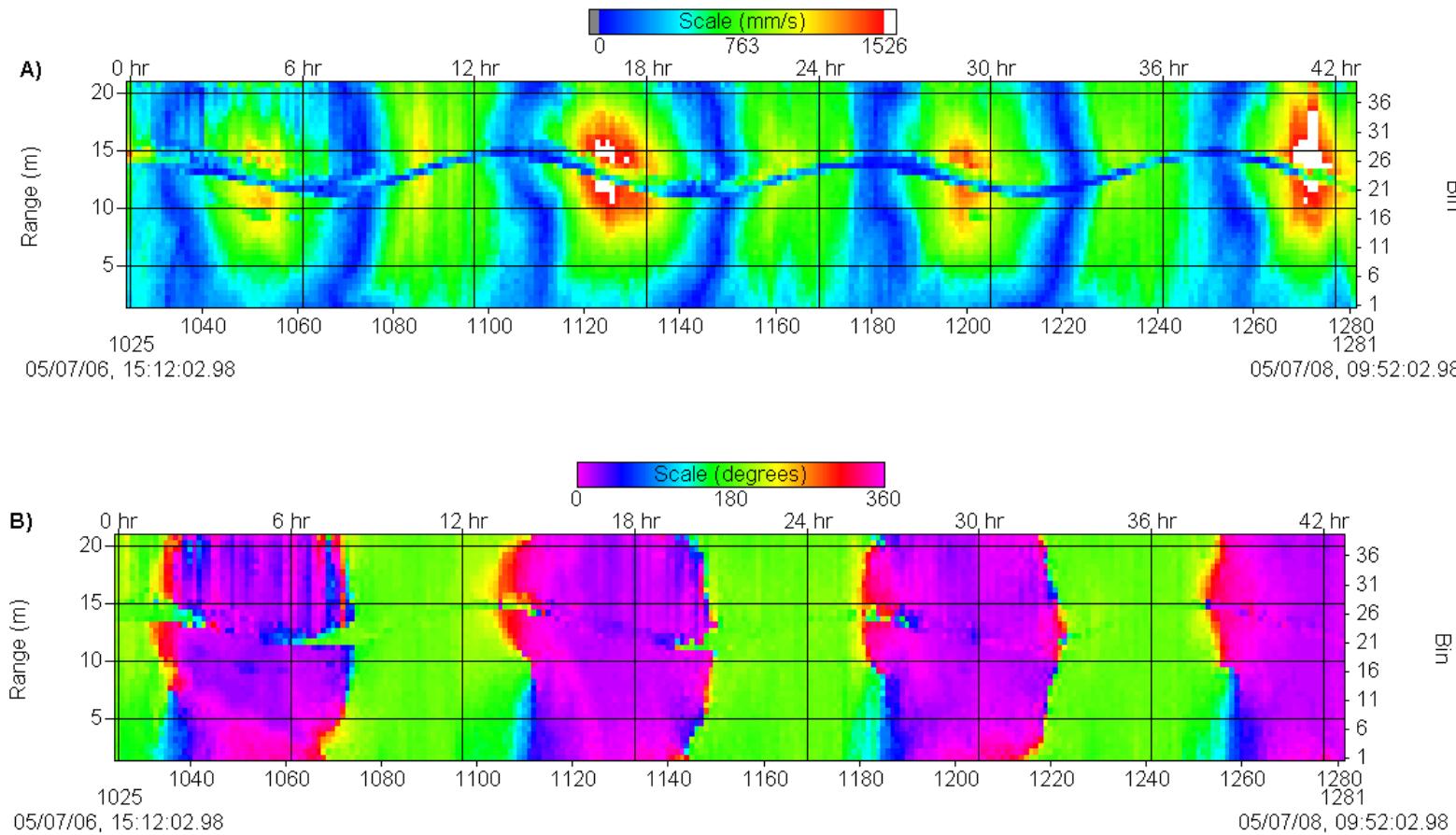
**Figure 3.3 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 01 au 03 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**



**Figure 3.4 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 03 au 04 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**



**Figure 3.5 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 04 au 06 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**

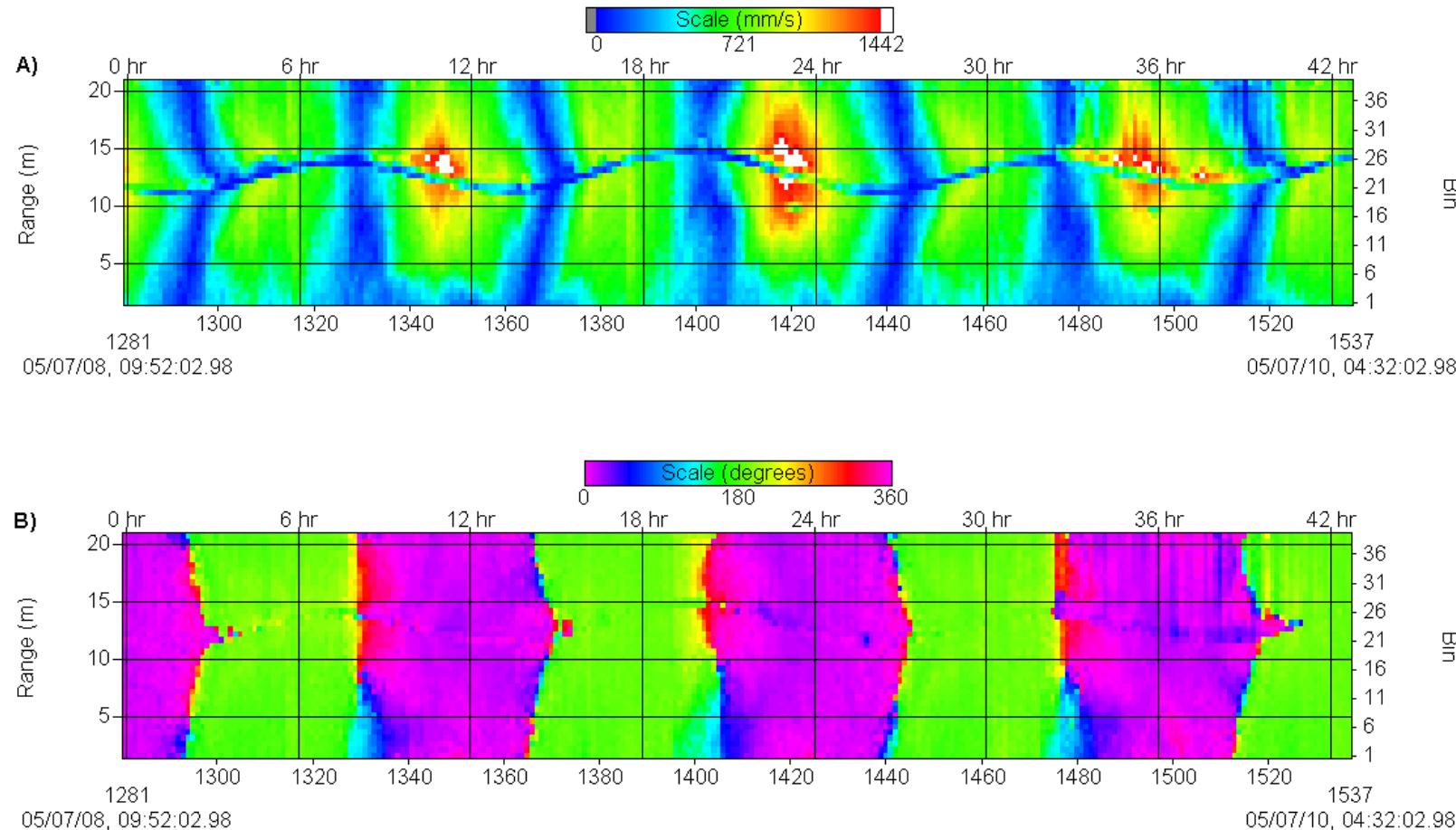


**Figure 3.6 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 06 au 08 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**

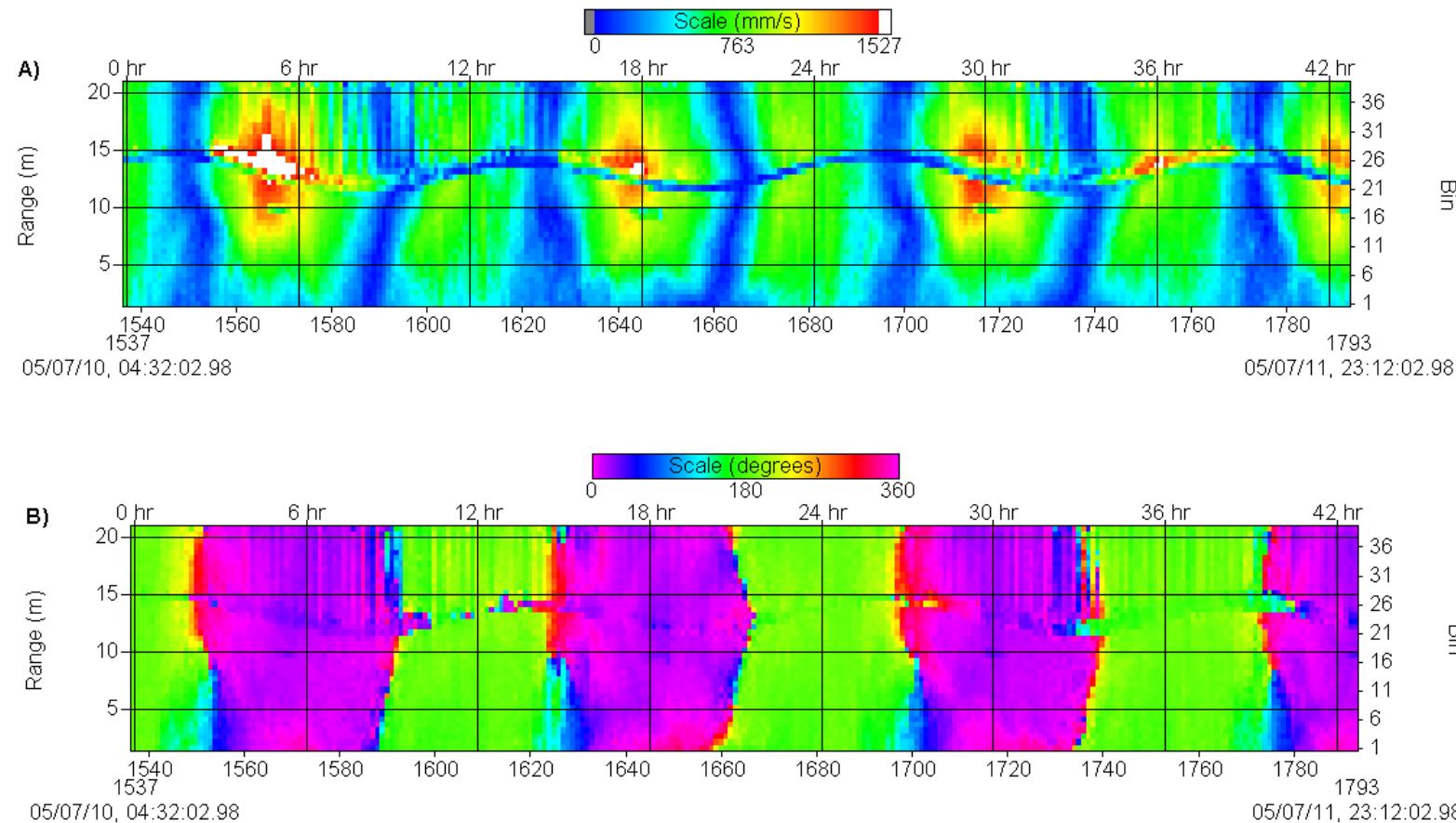
Rapport final

Société des traversiers du Québec

Dossier n°: 501901-0084



**Figure 3.7 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 08 au 10 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**



**Figure 3.8 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 10 au 11 juillet 2005.
Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.**

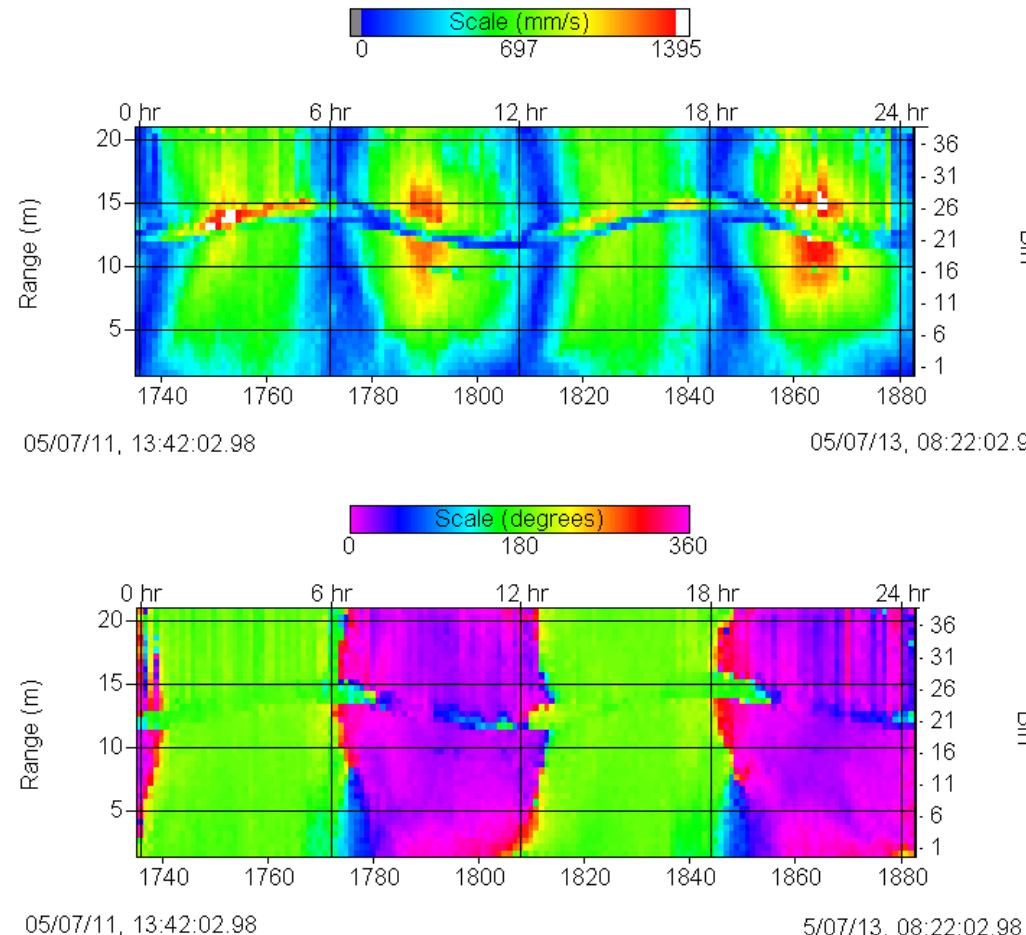


Figure 3.9 Variations de la vitesse (A) et de la direction (B) des courants au site de mise en dépôt, du 11 au 13 juillet 2005. Le trait bleu en continu (A) représente la surface de l'eau ou le niveau d'eau qui varie en fonction de la marée.

3.2 ÉVOLUTION DE LA TURBIDITÉ AMBIANTE

L'évolution de la turbidité ambiante au site de mise en dépôt est présentée à la figure 3.10. Ces changements correspondent aux variations de turbidité près du fond, à environ 0,80 m du substrat, en fonction des courants, des vagues et des marées.

Les résultats montrent que la turbidité ambiante au site de mise en dépôt varie de 0,2 UTN à 154,5 UTN. La turbidité ambiante suit un patron de distribution semblable aux variations du niveau d'eau, soit une augmentation des valeurs de turbidité avec l'augmentation de la vitesse des courants de marée et ce, au jusant et au flot. Les valeurs maximales (135,7 et 154,6 UTN) sont observées lors des courants de flot, au début de la marée montante. La turbidité ambiante diminue de façon significative pendant l'étale de marée, période où la vitesse des courants est minimale. Il est à noter que la turbidité ambiante atteint des valeurs maximales supérieures pendant les courants de flot relativement aux valeurs enregistrées pendant le jusant. Cette tendance systématique suggère un transport plus important de sédiments près du fond lors des courants de flot. Ceci s'explique possiblement par les vitesses de courant supérieures près du fond pendant le flot ($\approx 0,6 \text{ m/s}$).

On note également que le niveau de base de la turbidité ambiante (valeur de turbidité ambiante la plus faible) mesurée à l'étale de marée haute, demeure pratiquement toujours inférieur au niveau de base mesuré lors de l'étale de marée basse suivante. Ceci suggère une sédimentation rapide lors de l'étale de la marée haute relativement à la marée basse et pourrait s'expliquer par le processus de flocculation connue dans les estuaires. En effet, plus la quantité de particules en suspension est élevée, plus grande est la probabilité de collisions entre ces particules. L'augmentation conséquente de la taille des particules peut entraîner une sédimentation plus rapide (van Leussen, 1999).

Tel que mentionné plus haut, la période de mesures de la turbidité ambiante se déroulait simultanément aux activités de dragage et de largage des sédiments au site de mise en dépôt. À cet effet, quelques épisodes de largage au site de mise en dépôt sont représentés par les flèches sur la figure 3.10. Ceci permet de démontrer que les épisodes de largage n'influencent pas les valeurs de turbidité captées par l'instrumentation en place. Certaines augmentations de turbidité suivent les heures de largage indiquées, quoique ces augmentations sont enregistrées de plusieurs minutes à environ une heure après le largage.

Rapport final

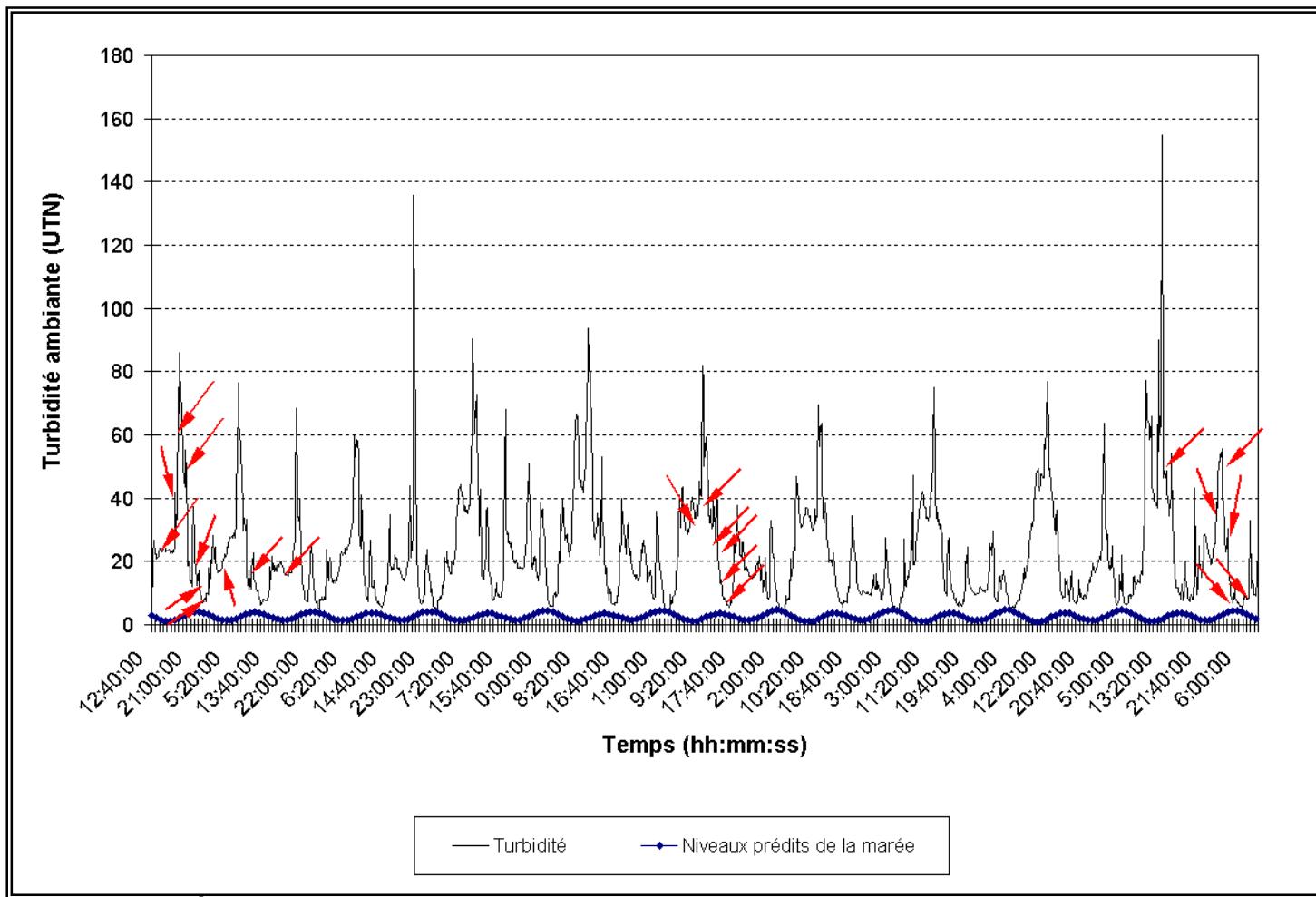


Figure 3.10 Evolution de la turbidité ambiante et du niveau prédict de la marée au site de mise en dépôt, Rivière-du-Loup, du 29 juin au 9 juillet 2005.

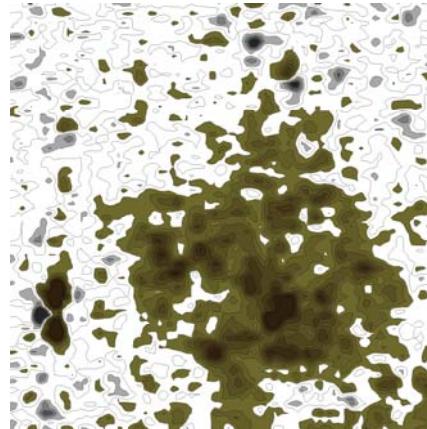
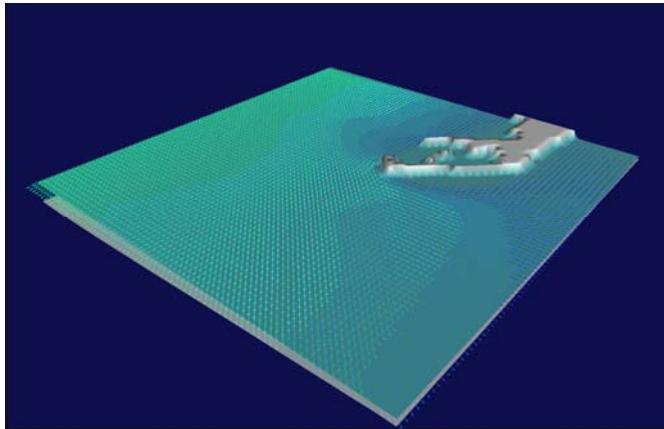
4 CONCLUSION

Les résultats de l'étude courantométrique et de turbidité réalisée au site de mise en dépôt en juin-juillet 2005 ont montré une structure et une distribution des courants suivant le cycle des marées dans ce secteur de l'estuaire. La présence de courants relativement forts dans cette partie de l'estuaire génèrent des variations de turbidité qui répondent également au cycle des marées. La turbidité au site d'étude semble davantage contrôlée par les courants de marée que par la remise en suspension due aux vagues. Les activités de largage des sédiments au site de mise en dépôt ne semblent avoir aucune influence sur la turbidité ambiante.

5 BIBLIOGRAPHIE

Procéan Environnement inc., 2005. Programme de surveillance et de suivi environnemental des travaux de dragage au quai de Rivière-du-Loup, 2005. 36 pages + annexes.

Van Leussen W., 1999. The variability of settling velocities of suspended fine-grained sediment in the Ems estuary. Journal of Sea Research 41 (1-2) : 109-118.



RECONSTRUCTION DU QUAI DE RIVIÈRE-DU-LOUP
Étude sur le dragage d'entretien et les modes de dispersion des
sédiments dragués



Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

9620, rue Saint-Patrick, LaSalle (Québec) Canada H8R 1R8

Téléphone : (514) 366-2970 / Télécopieur : (514) 366-2971

Site Internet : www.gcl.qc.ca

Courrier électronique : gcl@gcl.qc.ca

*Rapport présenté à
SNC-Lavalin inc.
pour le compte de la
Société des traversiers du Québec (STQ)*

**RECONSTRUCTION DU QUAI DE RIVIÈRE-DU-LOUP
Étude sur le dragage d'entretien et les modes de
dispersion des sédiments dragués**

R. 1660

Février 2008

Préparé par :

Catherine Denault, ing.

Marc Villeneuve, ing.

028-115 (964)

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES	v
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 MISE EN CONTEXTE.....	3
2.1 Zone à l'étude	3
2.2 Conditions hydrosédimentologiques en conditions actuelles.....	4
2.3 Conditions de sédimentation futures.....	6
2.3.1 Option 1 – Reconstruction et allongement du quai actuel.....	6
2.3.2 Option 2 – Quai dans le prolongement de l'ancien quai commercial	7
3.0 MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE	8
3.1 Description du modèle numérique.....	8
3.1.1 Modèle numérique MIKE 21 NHD.....	8
3.1.2 Limites de la zone modélisée.....	8
3.1.3 Numérisation de la bathymétrie	11
3.1.4 Conditions aux limites	12
3.1.5 Paramètres de modélisation	12
3.1.5.1. <i>Rugosité des fonds</i>	12
3.1.5.2. <i>Viscosité turbulente</i>	12
3.2 Validation du modèle au site de mise en dépôt.....	13
3.2.1 Campagne de mesure 2005	13
3.2.2 Validation des courants.....	13
4.0 MODÉLISATION DES PANACHES DE DISPERSION.....	15
4.1 Approche méthodologique et modèles numériques	15
4.1.1 Modèle STFATE	16
4.1.2 Modèle MIKE 21 PA.....	17
4.2 Données de validation – Campagne de mesures 2005	18

TABLE DES MATIÈRES (suite)

4.2.1	Séquence et volumes de dragage	18
4.2.2	Matières en suspension (MES) et turbidité	18
4.2.3	Granulométrie des sédiments dragués	19
4.3	Validation de la modélisation des panaches	22
4.3.1	Paramètres de modélisation	22
4.3.2	Résultats de validation	23
4.4	Panaches de dispersion des options 1 et 2	25
4.4.1	Option 1	26
4.4.2	Option 2	26
4.5	Récapitulatif	26
5.0	ÉROSION DES DÉPÔTS	28
5.1	Approche méthodologique	28
5.2	Régime des vagues et des courants	28
5.2.1	Vagues	29
5.2.2	Courants	30
5.2.3	Régime combiné	30
5.3	Option 1 – Évaluation de l'érosion par calculs	32
5.3.1	Taux d'érosion	32
5.3.2	Résistance à l'érosion	33
5.3.3	Épaisseur des dépôts	34
5.3.4	Temps d'érosion	35
5.4	Relevés bathymétriques au site de mise en dépôt.....	35
5.4.1	Relevés de 2005	35
5.4.2	Relevés bathymétriques récents	36
5.5	Érosion des dépôts de l'option 2	44
6.0	VOLUMES DE DRAGAGE DES OPTIONS 1 ET 2.....	45
6.1	Option 1	45
6.2	Option 2	45

TABLE DES MATIÈRES (suite)

6.2.1	Évaluation du volume sur la base de la tranchée témoin.....	46
6.2.2	Capacité de transport de la rivière du Loup	48
7.0	SOMMAIRE ET CONCLUSION	51
	RÉFÉRENCES	54

ANNEXE A – Relevés bathymétriques de la tranchée témoin

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Correspondance entre les niveaux de référence ZC et NMM	11
Tableau 2 : Courbe granulométrique moyenne de l'option 1	21
Tableau 3 : Courbe granulométrique moyenne de l'option 2	21
Tableau 4 : Paramètres de modélisation utilisés dans STFATE.....	22
Tableau 5 : Climat de vagues au large de Rivière-du-Loup.....	30
Tableau 6 : Courants de marée au site de mise en dépôt	31
Tableau 7 : Fréquence combinée des vagues et des courants au site de mise en dépôt (%)	31
Tableau 8 : Taux d'érosion résultant de l'action combinée des vagues et des courants	33
Tableau 9 : Différences de volumes entre les relevés bathymétriques au site de mise en dépôt.	38
Tableau 10 : Volumes de dragage au quai du traversier de Rivière-du-Loup.....	46
Tableau 11 : Volumes d'érosion et de déposition dans la fosse témoin	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de Rivière-du-Loup	3
Figure 2 : Pointe de la rivière du Loup	3
Figure 3 : Vitesses maximales au jusant	5
Figure 4 : Option 1 de réaménagement – Allongement du quai existant	6
Figure 5 : Option 2 de réaménagement – Nouveau quai dans l'axe du quai commercial	7
Figure 6 : Bathymétries du modèle numérique	10
Figure 7 : Validation du modèle numérique dans la zone de mise en dépôt.....	14
Figure 8 : Site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup.....	15
Figure 9 : Schématisation des étapes modélisées par STFATE (<i>source USACE</i>)	17
Figure 10 : Suivi des panaches de dispersion les 27 et 29 juin 2005	20
Figure 11 : Profils verticaux des MES mesurés au site de dépôt le 27 juin 2005.....	24
Figure 12 : Évolution des concentrations maximales de MIKE21 PA en conditions actuelles	25
Figure 13 : Évolution des concentrations maximales de MIKE21 PA pour l'option 2	27
Figure 14 : Site de mise en dépôt 2005 - Écart de bathymétrie <i>Après – Avant</i> le dragage.....	34
Figure 15 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2005	40
Figure 16 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2006	41
Figure 17 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2007	42
Figure 18 – Bathymétrie 2007 à haute résolution de l'aire de dépôt de Rivière-du-Loup	43
Figure 19 : Bathymétries de la tranchée témoin	47
Figure 20 : Données de débits sur la rivière du Loup entre 1962 et 2000	49
Figure 21 : Champ des courants – Marée de vive-eau et Q = 76 m ³ /s – Basse mer	49

1.0 INTRODUCTION

Certaines composantes des infrastructures portuaires de Rivière-du-Loup arrivent à la fin de leur vie utile ou l'ont même excédée. La société des traversiers du Québec (STQ) envisage donc la reconstruction du quai du traversier à compter de 2010.

Suite aux études préparatoires complétées en 2004 par la coentreprise Tecsoft-LaSalle-Hamelin (TLH), deux principales options de réaménagement sont actuellement considérées :

- Option 1 : Réparation du quai du traversier et de l'ancien quai commercial, avec allongement du quai du traversier existant;
- Option 2 : Construction d'un nouveau poste à quai pour le traversier au sud de l'ancien quai commercial (avec dragage d'un bassin de manœuvre), mise en place d'un brise-lames en enrochements et stabilisation du quai du traversier existant.

En vue des audiences publiques prévues en 2009, la STQ a confié à SNC-Lavalin le mandat d'évaluer et de comparer la faisabilité, les impacts et le coût des divers modes de dragage et de disposition des matériaux dragués pouvant être envisagés pour ces deux options d'aménagement.

Le présent rapport décrit les travaux réalisés par le Groupe-Conseil LaSalle (GCL) pour appuyer SNC-Lavalin dans les volets de l'étude touchant l'analyse et la modélisation numérique des conditions hydrosédimentologiques. Pour les deux options de reconstruction, les panaches de dispersion formés lors du rejet en mer des matériaux dragués, les volumes annuels de dragage et la stabilité à court et long termes des dépôts formés sont étudiés.

Le présent rapport comporte 6 chapitres. Le chapitre 2 présente d'abord la problématique du projet et les conditions hydrosédimentologiques du site. Le chapitre 3 décrit la modélisation des conditions hydrodynamiques et la validation des courants prédits par le modèle numérique au site de mise en dépôt. Le chapitre 4 traite des panaches de

dispersion formés lors du rejet en mer des matériaux de dragage. Le chapitre 5 analyse la stabilité et l'érosion des matériaux de dragage au site de mise en dépôt. Finalement, le chapitre 6 évalue les volumes de dragage associés à chacune des options de réaménagement.

2.0 MISE EN CONTEXTE

2.1 Zone à l'étude

Le port de Rivière-du-Loup se situe en rive sud du fleuve Saint-Laurent, environ 200 km en aval de Québec (figure 1). Le quai du traversier existant et un ancien quai commercial sont construits selon un axe est-ouest, à l'extrémité de la pointe de la rivière du Loup (figure 2). D'une longueur d'un peu plus d'un kilomètre, cette pointe est entièrement comprise dans la zone d'estran et s'aligne selon l'axe du Saint-Laurent (sud-ouest/nord-est). La portion de la batture située au sud de la pointe correspond à l'embouchure de la rivière du Loup (figure 2).

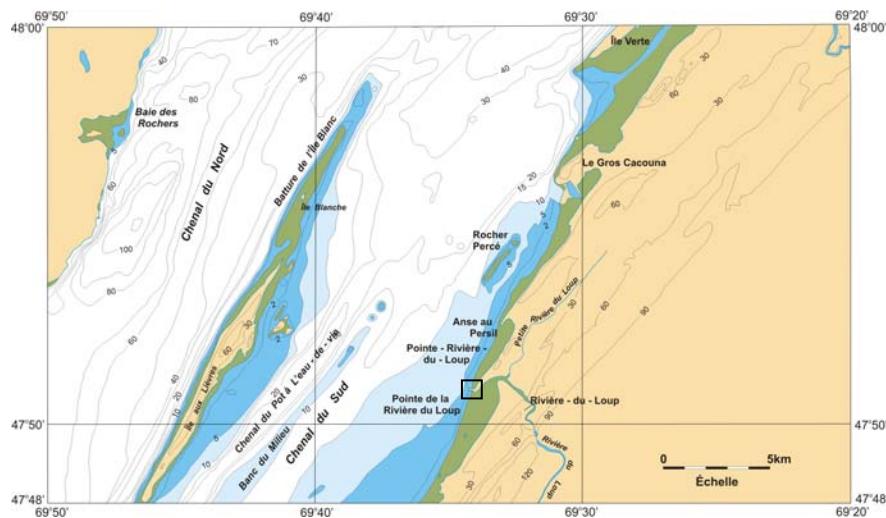


Figure 1 : Localisation de Rivière-du-Loup (source : réf. [1])



Figure 2 : Pointe de la rivière du Loup et localisation des quais (source : réf. [1])

2.2 Conditions hydrosédimentologiques en conditions actuelles

À l'emplacement actuel du quai du traversier, les aires d'approche et d'accostage sont sujettes à un envasement important, nécessitant annuellement des dragages d'entretien d'environ 20 000 à 25 000 m³. Le havre de la marina, qui est délimité par un brise-lames, fait aussi l'objet d'une intense sédimentation.

L'étude réalisée par le GCL dans le cadre de la coentreprise TLH a permis d'établir les conditions hydrodynamiques du site, et d'identifier ainsi les zones propices à la sédimentation des matières en suspension (réf. [2]). Différents scénarios d'aménagement ont été étudiés dans l'optique d'obtenir des installations permettant de réduire les besoins en dragage d'entretien.

La figure 3 présente les champs de vitesses maximales établis au jusant en conditions de morte-eau, de marée moyenne, et de vive-eau pour les conditions d'aménagement actuelles. L'intérieur du port et le poste à quai du traversier sont situés en retrait de l'écoulement principal, et les vitesses qui y sont observées sont inférieures à 0,2 m/s. De telles vitesses sont propices à la décantation des sédiments en suspension et expliquent les problèmes d'envasement affectant le quai actuel du traversier.

Le long de l'ancien quai commercial, les vitesses d'écoulement sont beaucoup plus importantes, et varient entre 0,4 m/s en morte-eau et 1,1 m/s en vive-eau. Ces vitesses sont suffisamment élevées pour empêcher le dépôt des sédiments fins en suspension. Des campagnes de mesures effectuées en 2003 (réf. [1]) ont toutefois révélé que l'ancien quai commercial s'inscrit dans l'axe du cône deltaïque de la rivière du Loup, une zone soumise par définition au dépôt de matériaux plus grossiers (sable et gravier) transportés par les crues de la rivière du Loup.

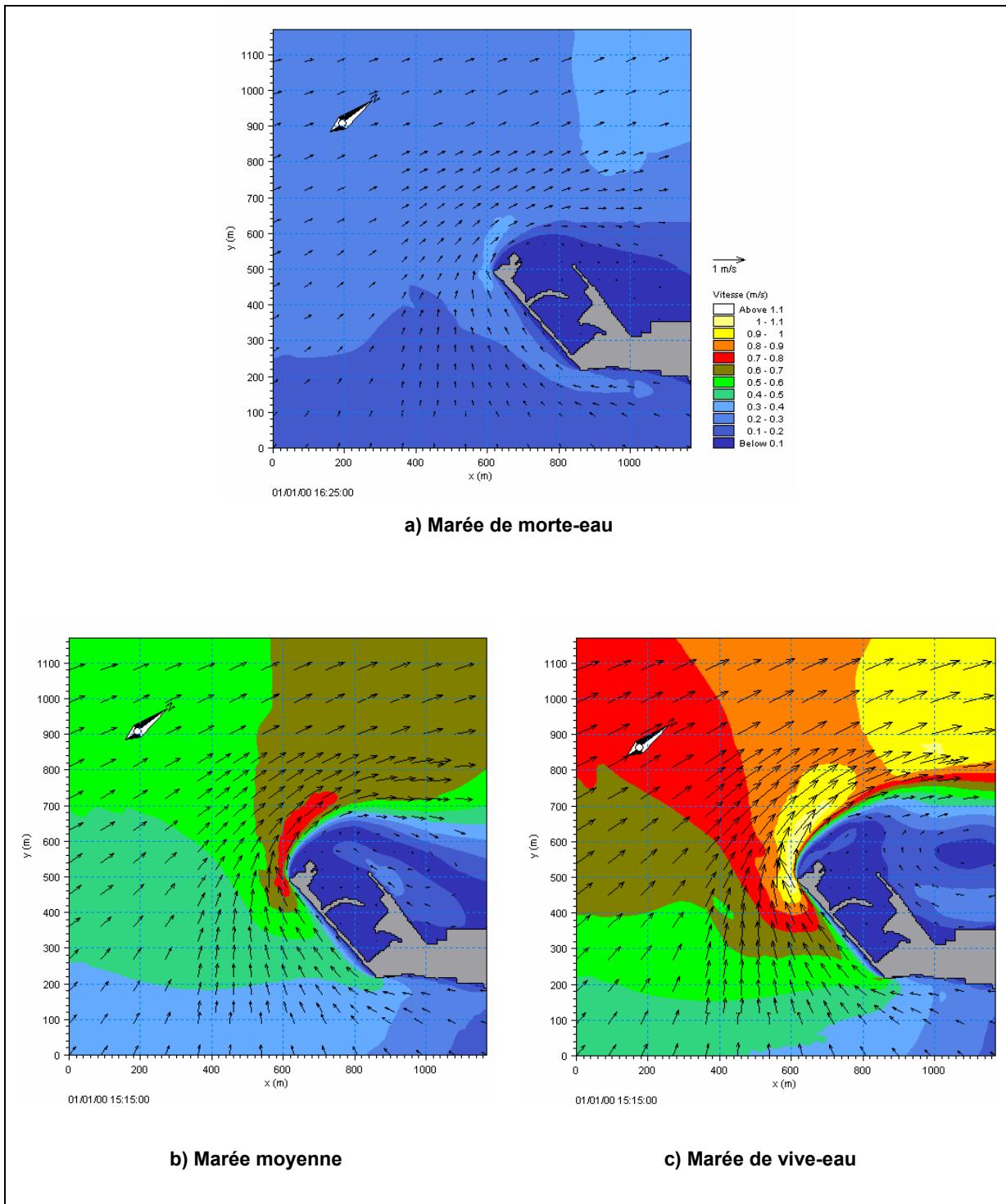


Figure 3 : Vitesses maximales au jusant

2.3 Conditions de sédimentation futures

Parmi les divers scénarios d'aménagement étudiés, deux principales configurations ont été retenues. Chacune de ces options est caractérisée par des conditions de sédimentation différentes.

2.3.1 Option 1 – Reconstruction et allongement du quai actuel

Dans le cas de l'option 1 (figure 4), les conditions sédimentaires futures seront très similaires aux conditions actuelles, le seul changement tangible dans la configuration des aménagements par rapport aux conditions actuelles étant le léger allongement du quai du traversier. La nature et la taille des sédiments qui seront dragués dans cette zone seront identiques à celles des sédiments dragués actuellement.

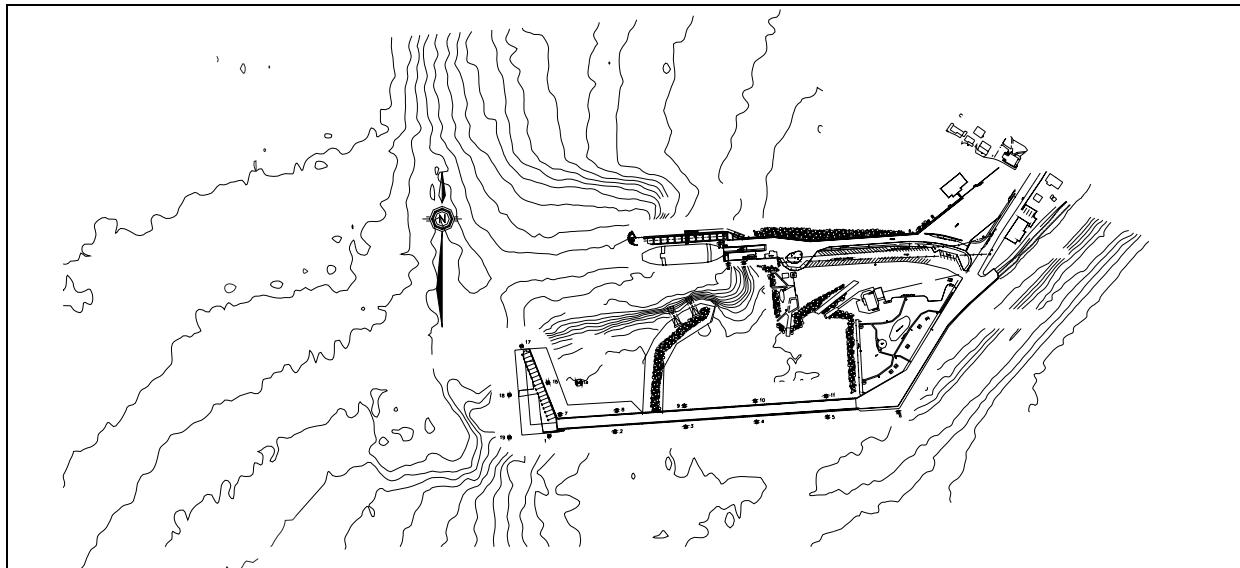


Figure 4 : Option 1 de réaménagement – Allongement du quai existant

2.3.2 Option 2 – Quai dans le prolongement de l'ancien quai commercial

L'option 2 de réaménagement propose la construction d'un nouveau poste à quai dans l'axe de l'ancien quai commercial (figure 5). Les vitesses plus élevées à proximité de ce quai éliminent les problèmes d'envasement. Tel qu'exposé dans l'étude de la coentreprise THL, la progradation de la rivière du Loup risque toutefois d'ensabler l'aire d'accostage et d'y rendre aussi nécessaire des dragages d'entretien (réf. [1]). Afin de documenter l'évolution du delta de la rivière du Loup, et son impact potentiel sur les besoins de dragage de l'option 2, une tranchée témoin de 2 000 m³ a été aménagée à l'été 2002 au large de l'ancien quai commercial (voir figure 5). L'évolution de la bathymétrie de cette tranchée, et l'estimation du volume de sédiments à draguer qui en est découlé, est traitée au chapitre 6.

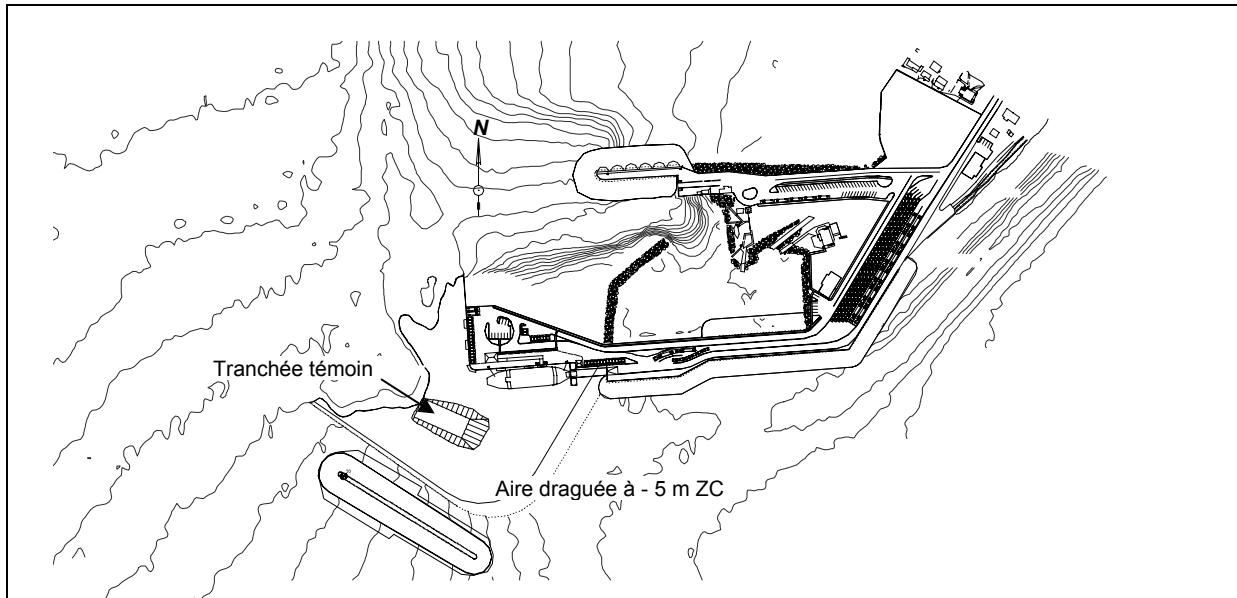


Figure 5 : Option 2 de réaménagement – Nouveau quai dans l'axe du quai commercial

3.0 MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE

Le modèle hydrodynamique utilisé pour le mandat de la coentreprise THL a été remis en œuvre dans le cadre de la présente étude. Celui-ci avait été initialement validé à l'aide de données de niveaux d'eau et de vitesses de courants enregistrées à proximité du port (réf. [2]). De nouvelles données, recueillies par SNC-Lavalin dans le secteur de mise en dépôt à l'été 2005, ont permis de reconfirmer la validité des courants prédits par le modèle.

3.1 Description du modèle numérique

3.1.1 Modèle numérique MIKE 21 NHD

La modélisation numérique des conditions hydrodynamiques du secteur à l'étude a été effectuée à l'aide du modèle MIKE 21 NHD, conçu et développé au Danemark par la firme *DHI Water & Environment*. Ce logiciel commercial est reconnu à l'échelle internationale pour la modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre en milieu fluvial, estuaire ou côtier.

Le modèle naturel des fonds est reproduit numériquement selon un maillage à cellules rectangulaires. Le module NHD (*Nested Hydrodynamics*) de MIKE 21 est conçu pour l'utilisation de maillages imbriqués de résolution variable, permettant de modéliser de grandes étendues avec un maillage grossier puis d'augmenter la précision de la modélisation à l'approche des secteurs d'intérêt.

D'après les conditions imposées aux limites de la zone considérée, le modèle fournit les valeurs de niveaux et de vitesses d'écoulement intégrées sur la verticale en chacun des points de maillage de la bathymétrie.

3.1.2 Limites de la zone modélisée

La modélisation hydrodynamique du port de Rivière-du-Loup nécessite d'imposer aux limites amont et aval de la zone modélisée la variation des niveaux d'eaux associée à la marée.

Ces limites doivent être positionnées de manière :

- à être suffisamment éloignées l'une de l'autre pour obtenir un décalage perceptible dans la propagation de l'onde de marée;
- à être suffisamment éloignées de la zone d'intérêt pour que la schématisation du champ des courants, qui survient inévitablement aux limites, n'influence pas la représentativité de la modélisation;
- à correspondre à des sites disposant de données marégraphiques.

Pour la modélisation du fleuve Saint-Laurent, l'approche à privilégier consiste alors à modéliser un bief important de l'estuaire, en sélectionnant un maillage suffisamment grossier pour limiter les temps de calcul, et à augmenter la résolution du maillage à l'approche du secteur à l'étude.

Le modèle global couvre ainsi environ 160 km de l'estuaire, entre Pointe-aux-Orignaux et Pointe-au-Père. La bathymétrie de cette zone est représentée selon un maillage à cellules carrées de 405 m de côté. À l'approche de Rivière-du-Loup, la dimension des cellules est graduellement réduite à 135 m, 45 m et 15 m, pour finalement atteindre un minimum de 5 m et offrir une précision maximale aux abords immédiats des installations portuaires⁽¹⁾. Les bathymétries sont toutes alignées selon la même orientation, l'axe des x défini dans MIKE 21 correspondant à l'azimut 37°.

Pour la présente étude, la zone discrétisée à 45 m a été agrandie afin d'avoir une représentation plus précise des fonds de la zone de mise en dépôt. La figure 6 illustre les limites de chacune des bathymétries définies au modèle.

⁽¹⁾ La formulation numérique de MIKE 21 NHD exige que les dimensions des cellules d'un maillage imbriqué soit trois fois inférieures à celles du maillage englobant.

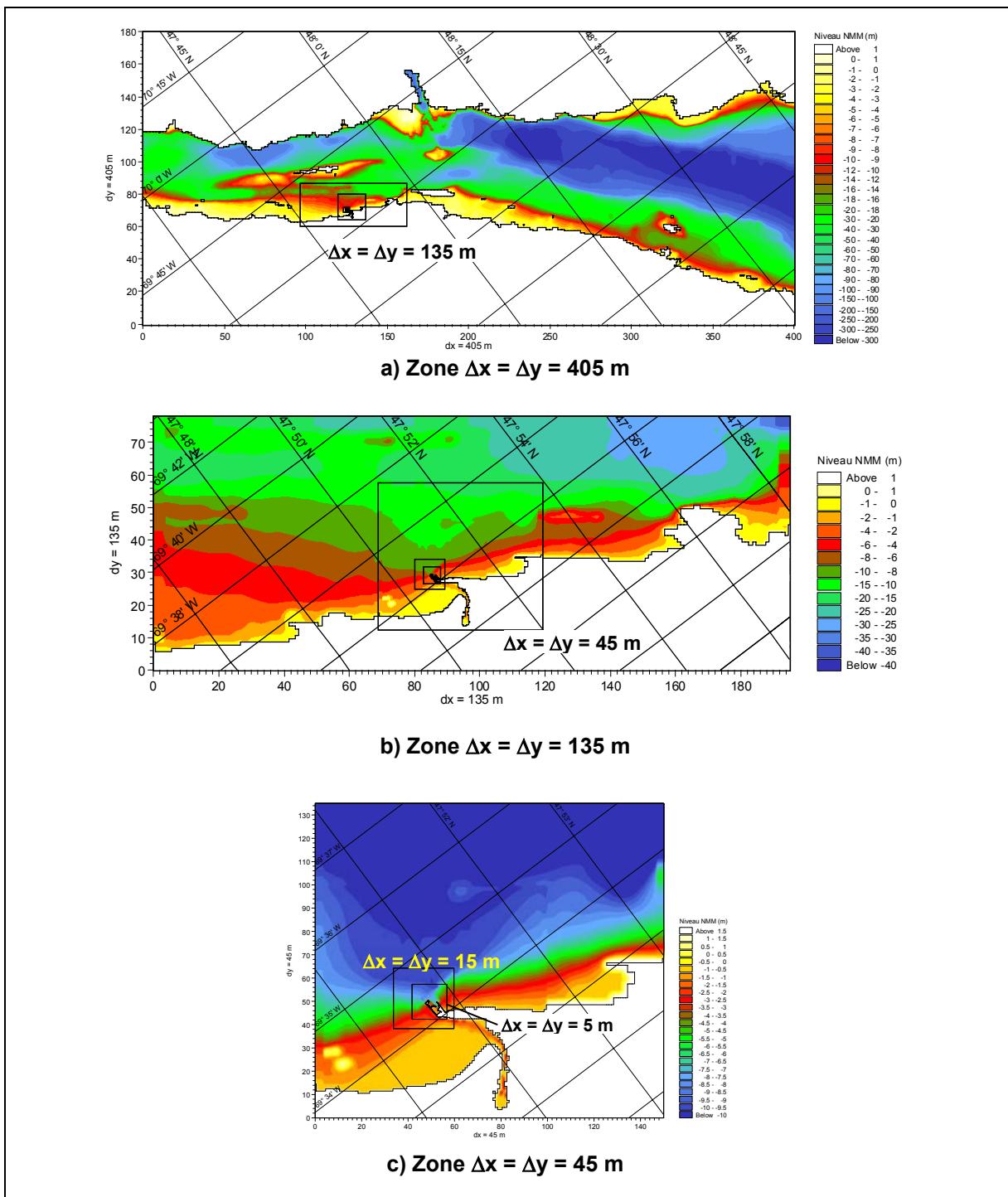


Figure 6 : Bathymétries du modèle numérique

3.1.3 Numérisation de la bathymétrie

Deux sources de données bathymétriques étaient disponibles pour la présente étude :

- Dans le secteur du port, la bathymétrie a été numérisée à l'aide des relevés réalisés en avril 2001 par les Entreprises Normand Juneau, avec des mesures supplémentaires réalisées dans l'embouchure de la rivière du Loup en avril 2002;
- Partout ailleurs dans le secteur modélisé, les données bathymétriques des cartes no 1234, 1235 et 1236 du Service hydrographique du Canada ont été utilisées, achetées sous format numérique (AutoCAD) à la firme NDI.

Les données bathymétriques ont été interpolées avec le préprocesseur MIKE Zero selon la résolution de chacune des bathymétries numériques, en ayant au préalable modifié les niveaux bathymétriques pour les référencer au niveau moyen des mers (NMM ou niveau géodésique) plutôt qu'au zéro des cartes (ZC), qui est sensiblement modifié le long des quelque 160 km du modèle d'ensemble. Le tableau 1 indique les corrections ZC-NMM imposées le long de la zone modélisée.

Tableau 1 : Correspondance entre les niveaux de référence ZC et NMM

Site	Élévation (m) du zéro des cartes (ZC) par rapport au niveau moyen des mers (NMM)
Limite amont du modèle (Pointe-aux-Orignaux)	-3,0
Rivière-du-Loup	-2,636
Aval de l'Île Verte	-2,5
Limite aval du modèle (Pointe-au-Père)	-2,3

3.1.4 Conditions aux limites

La variation des niveaux d'eau et des courants simulée au modèle numérique est induite par l'imposition des niveaux de marée aux limites amont (Pointe-aux-Orignaux) et aval (Pointe-au-Père) du modèle d'ensemble. Les courbes de marée ont été établies d'après les données des tables des marées et courants du Service hydrographique du Canada.

L'ensemble des simulations ont été réalisées sans tenir compte du débit fluvial du Saint-Laurent. Le débit fluvial moyen du Saint-Laurent est en effet de l'ordre de 12 000 m³/s à l'amont du secteur modélisé, alors que les débits de marée maximums sont plus de dix fois plus importants, même en conditions de morte-eau.

3.1.5 Paramètres de modélisation

3.1.5.1. *Rugosité des fonds*

Toutes les simulations ont été réalisées avec un coefficient de Manning de 0,025, constant dans l'ensemble des secteurs modélisés.

3.1.5.2. *Viscosité turbulente*

Les flux de quantité de mouvement dus à la turbulence, à l'intégration verticale des équations de base (modèle bidimensionnel) et aux fluctuations se produisant à des échelles inférieures aux cellules des maillages sont pris en compte dans MIKE 21 par un paramètre de viscosité turbulente.

En pratique, la variation de ce paramètre induit notamment dans les écoulements une plus ou moins grande tendance à former des zones de décollement et des courants de retour. Sur la base des observations du site et de l'expérience acquise dans des études antérieures en milieu estuaire, la viscosité turbulente a été fixée à 0,3 m²/s dans l'ensemble du modèle numérique.

3.2 Validation du modèle au site de mise en dépôt

3.2.1 Campagne de mesure 2005

La direction et la vitesse des courants ont été mesurées au site de mise en dépôt lors des opérations de dragage de 2005, entre les 29 juin et 12 juillet. Les données ont été acquises à l'aide d'un courantomètre (ADCP), positionné à environ 0,8 m du fond. La vitesse des courants et leur direction ont été fournies pour des intervalles de dix minutes, présentant chacun 39 mesures sur la verticale. La position de la station de relevés ($47^{\circ} 52' 46,5''$, $69^{\circ} 34' 20,6''$) est indiquée à la figure 7.

3.2.2 Validation des courants

La comparaison des vitesses mesurées sur le site avec celles calculées par le modèle a été effectuée en exprimant les courants selon leur composante correspondant à l'azimut 20° , soit la direction principale des courants mesurés au site de mise en dépôt.

Comme l'indique la figure 7, le modèle numérique reproduit bien l'évolution des vitesses enregistrées sur le site. La phase des courants est bien représentée, et les vitesses de flot (valeurs négatives) sont pratiquement identiques à celles mesurées sur le site. Pour les courants de jusant (valeurs positives), les vitesses maximales prédites par le modèle sont toutefois généralement inférieures aux enregistrements. Différents facteurs peuvent expliquer ces écarts. Tel que mentionné à la section 3.1.4, le modèle ne tient pas compte du débit fluvial du Saint-Laurent, ce qui a pour effet de sous-estimer légèrement les vitesses au jusant. Le modèle ne reproduit pas non plus les courants résiduels pouvant être causés par des effets densimétriques ou le vent.

Compte tenu de la complexité des écoulements à modéliser, et du fait que la modélisation hydrodynamique offre, malgré ses schématisations, un degré de précision bien supérieur à celui des modèles sédimentaires, la validation du modèle hydrodynamique est considérée satisfaisante.

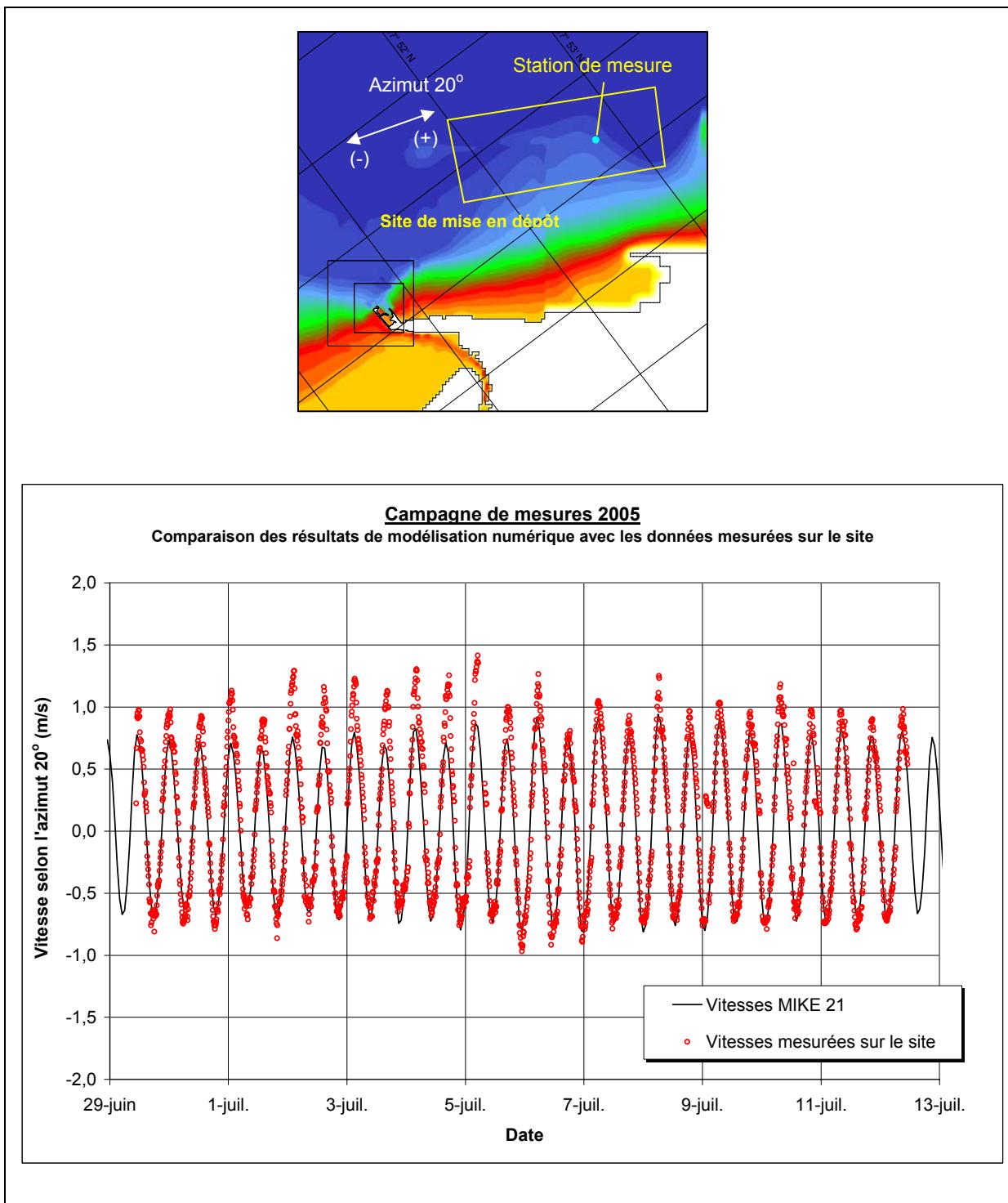


Figure 7 : Validation du modèle numérique dans la zone de mise en dépôt

4.0 MODÉLISATION DES PANACHES DE DISPERSION

Les travaux de dragage d'entretien à Rivière-du-Loup sont effectués à l'aide d'une drague mécanique à benne prenante. Les sédiments dragués sont déposés dans une barge à fond ouvrant, et rejetés en eau libre à un site de mise en dépôt situé trois kilomètres au nord-est des quais de Rivière-du-Loup. Le site de mise en dépôt couvre une superficie d'environ 3 km², divisé en 12 parcelles sur lesquelles les dépôts sont effectués en alternance à chaque année (figure 8).

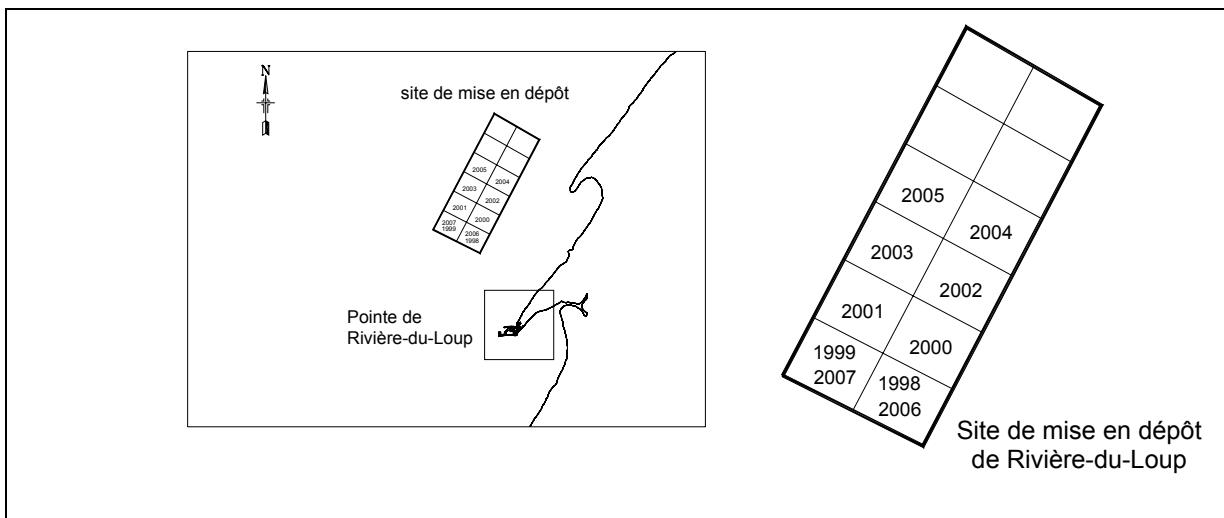


Figure 8 : Site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup

4.1 Approche méthodologique et modèles numériques

La modélisation des panaches de dispersion a été effectuée en deux temps. En effet, le rejet en eau libre de matériaux dragués à partir d'une barge à fond ouvrant libère un fluide dense, dont la chute dans la colonne d'eau est nettement plus rapide que les vitesses de chute individuelles des particules constituant le rejet. De plus, lorsque les sédiments dragués sont cohésifs, une fraction importante des matériaux largués se présentent sous forme de masses agglomérées (*clumps*).

Ces caractéristiques ont rendu nécessaire l'emploi du modèle STFATE (*Short Term Fate of Dredged Material Disposal in Open Water*), qui permet la modélisation du comportement à court terme des rejets de matériaux de dragage. La dispersion par les courants des matières en suspension simulée par STFATE au site de rejet a par la suite été modélisée à l'aide du module PA (*Particle Analysis*) de MIKE 21.

4.1.1 Modèle STFATE

Le modèle STFATE a été développé par l'US Army Corps of Engineers (USACE), et constitue un outil reconnu mondialement pour la modélisation des impacts à court terme des travaux de dragage. Ce modèle divise l'évolution des déblais déversés en mer en trois phases distinctes (réf. [3] et [4]) :

- La descente convective : phase pendant laquelle les déblais chutent dans la colonne d'eau sous l'effet de la gravité;
- L'effondrement dynamique sur le fond : phase qui se produit lorsque les déblais atteignent le fond. Le rejaillissement sur le fond est simulé et la dispersion horizontale devient importante;
- Advection-diffusion : lorsque la force de l'impact sur le fond n'a plus d'effet sur les matériaux, ceux-ci sont transportés et dispersés par le milieu ambiant.

Les trois phases du modèle sont représentées schématiquement à la figure 9.

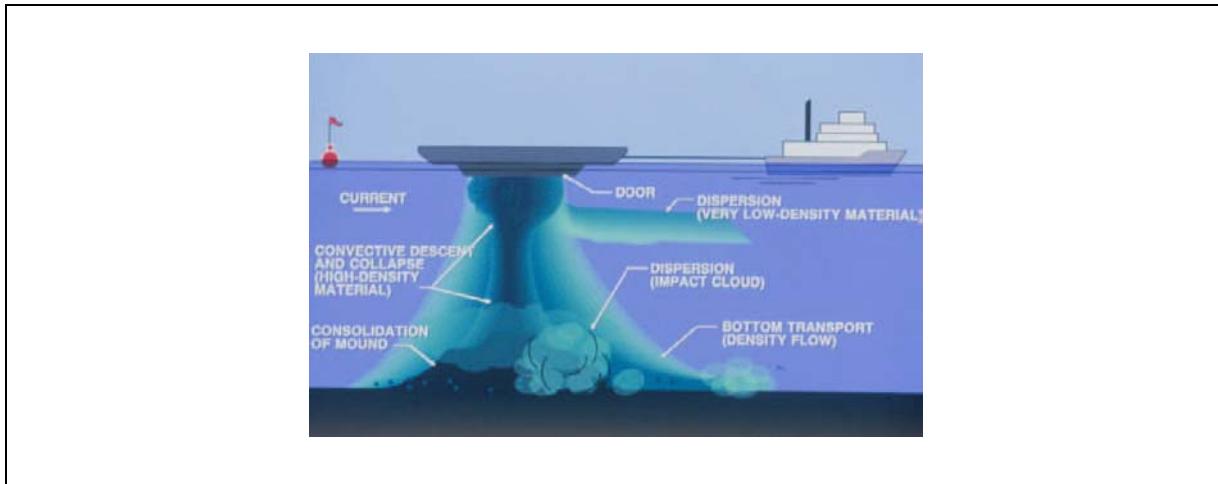


Figure 9 : Schématisation des étapes modélisées par STFATE (source USACE)

Le modèle STFATE permet une simulation détaillée des conditions de rejet en mer. Les paramètres d'entrée incluent (1) le type, le tirant d'eau, la vitesse et les dimensions de la barge utilisée, (2) le volume et la granulométrie de quatre classes de sédiments (mottes (*clumps*), sable, silt et argile) dans la barge, et (3) la bathymétrie du site. La vitesse et la profondeur de l'écoulement doivent toutefois être constantes. Le modèle donne en retour pour chaque catégorie de sédiments déversés l'épaisseur des dépôts formés sur le fond et la concentration des sédiments dans la colonne d'eau au site de rejet.

4.1.2 Modèle MIKE 21 PA

Le module PA (*Particle Analysis*) de MIKE 21 comporte un schéma lagrangien de transport des sédiments qui permet de simuler la dispersion, la sédimentation, et la remise en suspension de matériaux issus d'une ou plusieurs source(s) ponctuelle(s). Les sources peuvent être situées à un endroit fixe ou se déplacer dans le temps.

Le module PA simule la dispersion des sédiments d'après un champ de courants préétabli à l'aide des modèles MIKE 21 HD (bidimensionnel), ou MIKE 3 (tridimensionnel). Le modèle contient un module classique de sédimentation de premier ordre, supposant une répartition uniforme des sédiments sur la verticale, mais offre également la possibilité de

simuler la dispersion tridimensionnelle de sédiments issus de plusieurs sources réparties sur la verticale.

Lorsque le fichier hydrodynamique de base est bidimensionnel, le modèle PA modifie la répartition verticale des vitesses pour tenir compte de l'effet de la rugosité des fonds (distribution logarithmique) et du cisaillement du vent. Il devient alors possible de reproduire la dispersion verticale des sédiments sous l'effet de la turbulence de l'écoulement et des vitesses de chute associées à la granulométrie des matériaux dragués.

La formulation lagrangienne de MIKE 21 PA permet une grande rapidité d'exécution et, contrairement aux modèles usuels d'advection-dispersion, l'évolution des panaches simulés est indépendante de la résolution spatiale de la grille de calcul.

4.2 Données de validation – Campagne de mesures 2005

Les activités de dragage effectuées en 2005 aux abords du quai du traversier actuel ont été bien documentées. Les données recueillies au cours de cette campagne de mesures ont permis de guider et de valider la modélisation des panaches de dispersion au site de rejet.

4.2.1 Séquence et volumes de dragage

Le dragage a été réalisé à l'aide d'une drague mécanique à benne preneuse avec un dépôt des sédiments en eau libre à l'aide d'une barge à fond ouvrant d'une capacité de 120 m³. Les travaux de dragage se sont étalonnés sur 17 jours, entre les 27 juin et 15 juillet 2005. Au total, 430 déversements ont été effectués dans la zone de mise en dépôt, selon une distribution couvrant essentiellement toute la zone.

4.2.2 Matières en suspension (MES) et turbidité

Les matières en suspension (MES) et la turbidité de l'eau ont été mesurées à 50 stations à proximité des installations portuaires de Rivière-du-Loup, et à dix stations au site

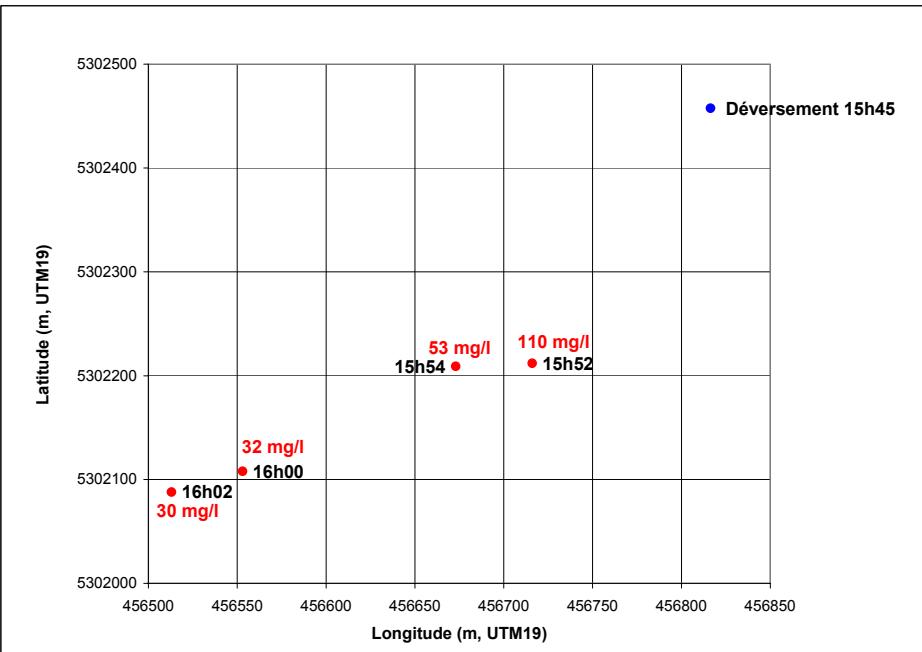
de mise en dépôt de 2005. Les mesures ont été effectuées lors des opérations de dragage, les 27 et 29 juin 2005. D'après les mesures de MES aux stations témoins situées en dehors des zones d'influence des aires de dragage et de dépôt, les concentrations naturelles de MES dans le fleuve étaient environ de 39 mg/l le 27 juin, et de 19 mg/l le 29 juin.

Les panaches de dispersion suite aux déversements du 27 juin à 15h45 et 29 juin à 9h18 ont été documentés de façon plus détaillée. La figure 10 donne la position des stations de mesures par rapport au point de rejet, ainsi que la valeur intégrée sur la verticale des MES à chaque station. Pour les deux déversements documentés, une certaine augmentation des MES est perçue dans la zone rapprochée du point de déversement, puis les concentrations rejoignent rapidement les concentrations naturelles du milieu ambiant.

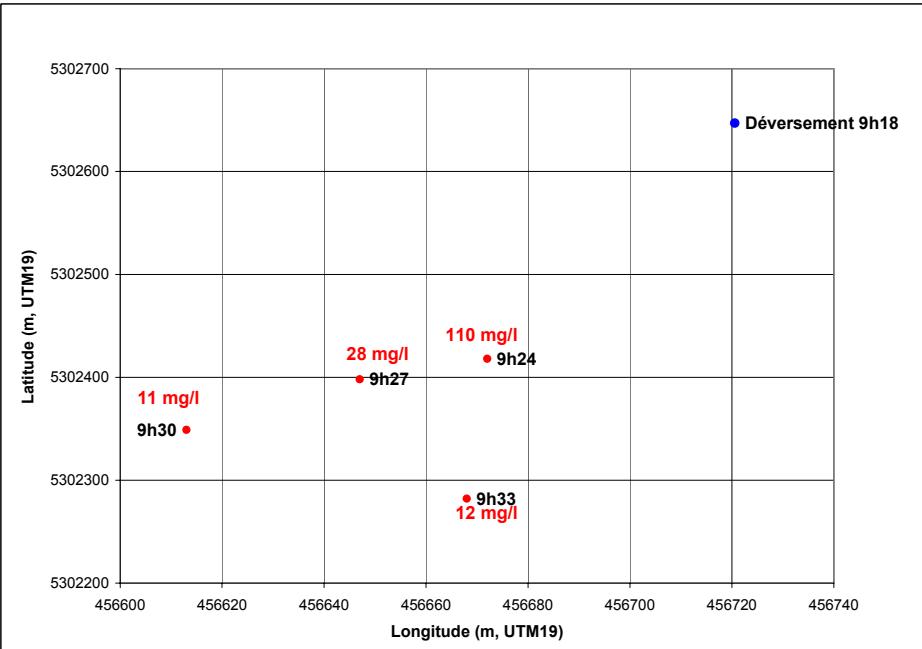
4.2.3 Granulométrie des sédiments dragués

Afin de pouvoir caractériser la nature des matériaux dragués pour chacune des options de réaménagement, des échantillons de sédiments ont été prélevés en octobre 2005. Au total, dix échantillons ont été prélevés dans l'aire de dragage du quai de traversier existant pour l'option 1, et quatre échantillons ont été prélevés à proximité du quai commercial pour l'option 2. Ces sédiments ont été recueillis sur une couche d'environ 15 à 20 cm. Les tableaux 2 et 3 présentent respectivement la courbe granulométrique moyenne obtenue pour chaque site. Dans le cas de l'option 1, les sédiments sont principalement constitués de particules fines, avec 88 % de silts et d'argiles et seulement 12% de sable (tableau 2). Pour l'option 2, les sédiments sont beaucoup plus grossiers, avec 69 % de sable et de gravier, et 31% de particules fines (tableau 3).

Afin de valider la teneur en particules fines de l'option 2, les forages effectués en 2002 dans la zone de dragage de l'option 2 ont été analysés (Forages F-1, F-2, F-12, F-18, F-19, et F-20, référence [5]). L'analyse de ces forages a montré une répartition granulométrique similaire à celle des échantillons de 2005, avec 20% de gravier, 50% de sable et 31% de silts et d'argiles. La courbe granulométrique du tableau 3 est donc considérée représentative des matériaux qui seraient dragués en présence de l'option 2.



a) Déversement de 15h45 et suivi des MES le 27 juin 2005



b) Déversement de 9h18 et suivi des MES le 29 juin 2005

Figure 10 : Suivi des panaches de dispersion les 27 et 29 juin 2005

Tableau 2 : Courbe granulométrique moyenne de l'option 1

diamètre (phi)	diamètre (mm)	% passant	fraction (%)	Classe	% classe
-4	16,0	100,0	-	Gravier	-
-3	8,0	100,0	-		
-2	4,0	100,0	-		
-1	2,0	100,0	-		
0	1,0	99,1	0,9	Sable	12
1	0,50	98,5	0,5		
2	0,25	97,3	1,3		
3	0,125	96,1	1,2		
4	0,0625	88,3	7,8		
5	0,0313	79,6	8,6	Silt	40
6	0,0156	66,0	13,6		
7	0,0078	52,8	13,2		
8	0,0039	48,3	4,5		
9	0,00195	37,9	10,4	Argile	48
10	0,00098		37,9		

Tableau 3 : Courbe granulométrique moyenne de l'option 2

diamètre (phi)	diamètre (mm)	% passant	fraction (%)	Classe	% classe
-4	16,0	100	-	Gravier	34
-3	8,0	100	-		
-2	4,0	100	-		
-1	2,0	66,3	33,8		
0	1,0	57,3	9,0	Sable	35
1	0,50	51,5	5,8		
2	0,25	47,5	4,0		
3	0,125	41,8	5,8		
4	0,0625	31,2	10,6		
5	0,03125	22,7	8,5	Silt	19
6	0,01563	16,8	5,8		
7	0,00781	13,1	3,8		
8	0,00391	12,2	0,9		
9	0,00195	10,5	1,7	Argile	12
10	0,00098		10,5		

4.3 Validation de la modélisation des panaches

Afin de valider les panaches de dispersion prédis par les modèles STFATE et MIKE21 PA, les conditions associées au déversement du 27 juin 2005 à 9h45 ont d'abord été modélisées.

4.3.1 Paramètres de modélisation

Le tableau 4 présente les principaux paramètres de modélisation utilisés dans la simulation du déversement à l'aide de STFATE. La profondeur et la vitesse de l'écoulement ont été établies sur la base des champs des vitesses reproduits par MIKE21 au point et à l'heure du déversement simulé. Une barge à fond ouvrant, d'une capacité de 120 m³, a été spécifiée. Le volume déversé a été fixé à 88 m³, d'après le volume total dragué en 2005 et le nombre de déversements effectués lors des travaux. La granulométrie et la fraction volumétrique de chacune des classes de sédiments ont été établies d'après l'analyse granulométrique des échantillons prélevés dans l'aire du quai actuel (voir tableau 2). Finalement, la proportion de matériaux agglomérés (mottes) a été estimée en se basant sur des valeurs utilisées dans des études similaires (réf. [6] et [7]) et selon le pourcentage de particules argileuses contenu dans les sédiments dragués.

Tableau 4 : Paramètres de modélisation utilisés dans STFATE

Profondeur de l'eau (m)	8,0
Vitesse du courant (m/s)	0,4
Type de barge	Fond ouvrant
Capacité de la barge (m ³)	120,0
Volume déversé (m ³)	88,0
Fraction de sable	0,12
Fraction de silt	0,40
Fraction d'argile	0,48
Fraction de matériaux agglomérés	0,70

Suite à la simulation de ces conditions dans STFATE, les concentrations de chacune des fractions de sédiments (sable, silt, argiles et mottes) en suspension ont été extraites à dix profondeurs différentes dans la colonne d'eau, à l'instant correspondant à la fin de la phase d'effondrement dynamique, soit avant le début de la phase d'advection-dispersion.

Pour simuler l'évolution du panache de dispersion, la phase d'advection-dispersion des matériaux en suspension a été effectuée avec le modèle MIKE21 PA. Un total de 40 sources ponctuelles (4 types de sédiments x 10 profondeurs) a donc été simulé d'après les concentrations obtenues dans STFATE. Les courants au site de rejet ont été modélisés d'après les niveaux de marée enregistrés aux limites amont et aval du modèle pendant la période des travaux de dragage.

4.3.2 Résultats de validation

Les résultats de simulation de STFATE montrent que seule une petite fraction (2 à 5%) des matériaux déversés se détache dans la colonne d'eau lors de la phase de descente des sédiments. Lorsque la masse de sédiments percute le fond, les sédiments les plus grossiers demeurent au fond, et les sédiments fins sont remis en suspension. De très fortes concentrations sont obtenues dans une couche d'approximativement 50 cm au-dessus du fond. Dans le reste de la colonne d'eau, les concentrations de sédiments sont faibles et diminuent rapidement en hauteur sans atteindre la surface. En somme, le déversement des matériaux ne génère pas de panache important, mais un nuage dense en suspension très près du fond.

Les mesures de MES effectuées sur le site lors de la campagne de suivi de 2005 appuient ces résultats de modélisation. La figure 11 présente les profils verticaux de MES mesurés en aval du site de dépôt suite au déversement du 27 juin 2005 à 15h45 (voir figure 10a pour la localisation des stations). De façon générale, les profils montrent une concentration plus élevée près du fond que de la surface. Le premier profil mesuré suite au déversement (profil de 15h52) présente notamment des concentrations très fortes près du fond, avec des valeurs de MES atteignant près de 400 mg/l. Très rapidement, toutefois, les

concentrations près du fond diminuent et les profils de MES deviennent plus uniformes sur la verticale.

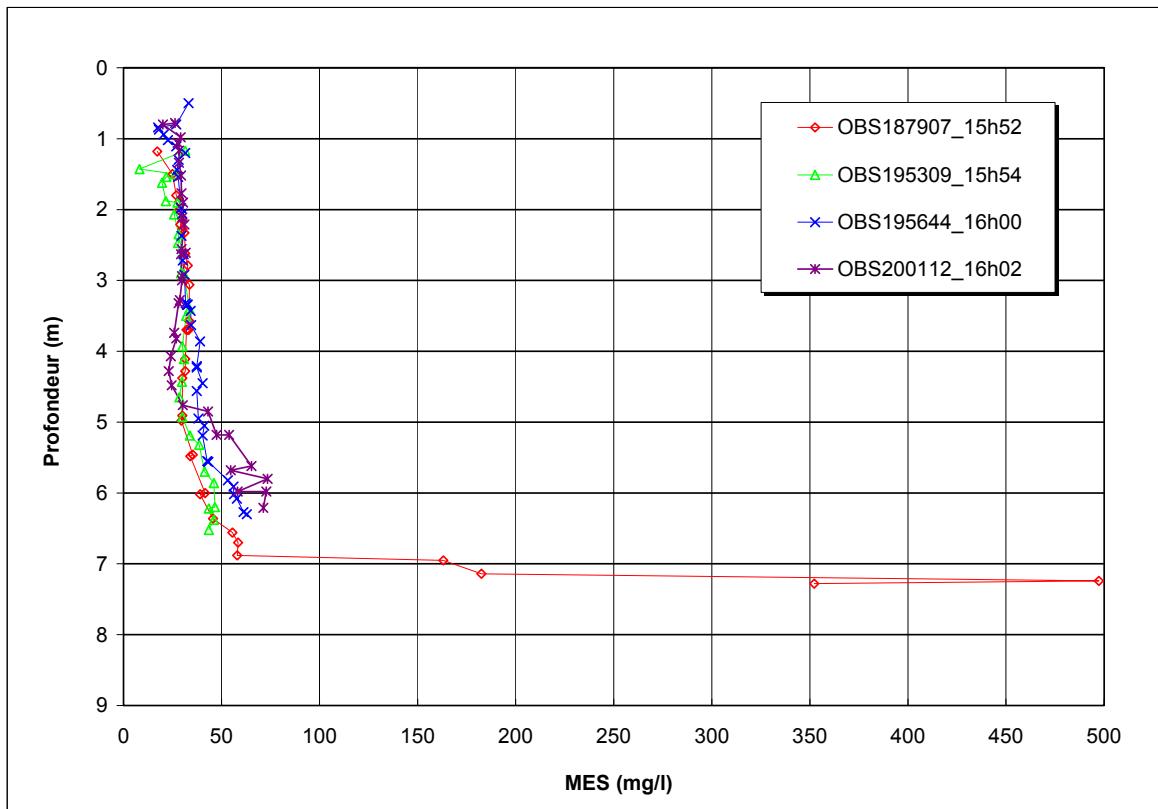


Figure 11 : Profils verticaux des MES mesurés au site de dépôt le 27 juin 2005

Les résultats de modélisation de MIKE21 PA permettent de constater que les sédiments remis en suspension suite à l'impact des matériaux sur le fond sont rapidement dispersés par le milieu ambiant. La figure 12 présente l'évolution de la concentration maximale des sédiments en suspension calculée par MIKE21 PA pour cinq profondeurs d'écoulement différentes. La concentration maximale des sédiments dans les couches près du fond est initialement très élevée, puis elle diminue rapidement car une fraction importante des sédiments se dépose sur le fond, et une autre s'étale vers le haut. Les concentrations

maximales dans les couches supérieures de l'écoulement, qui étaient initialement presque nulles, voient ainsi leur valeur d'abord augmenter, puis diminuer graduellement par dispersion. En peu de temps, le nuage de sédiments créé au point de rejet rejoint les concentrations naturelles du milieu ambiant.

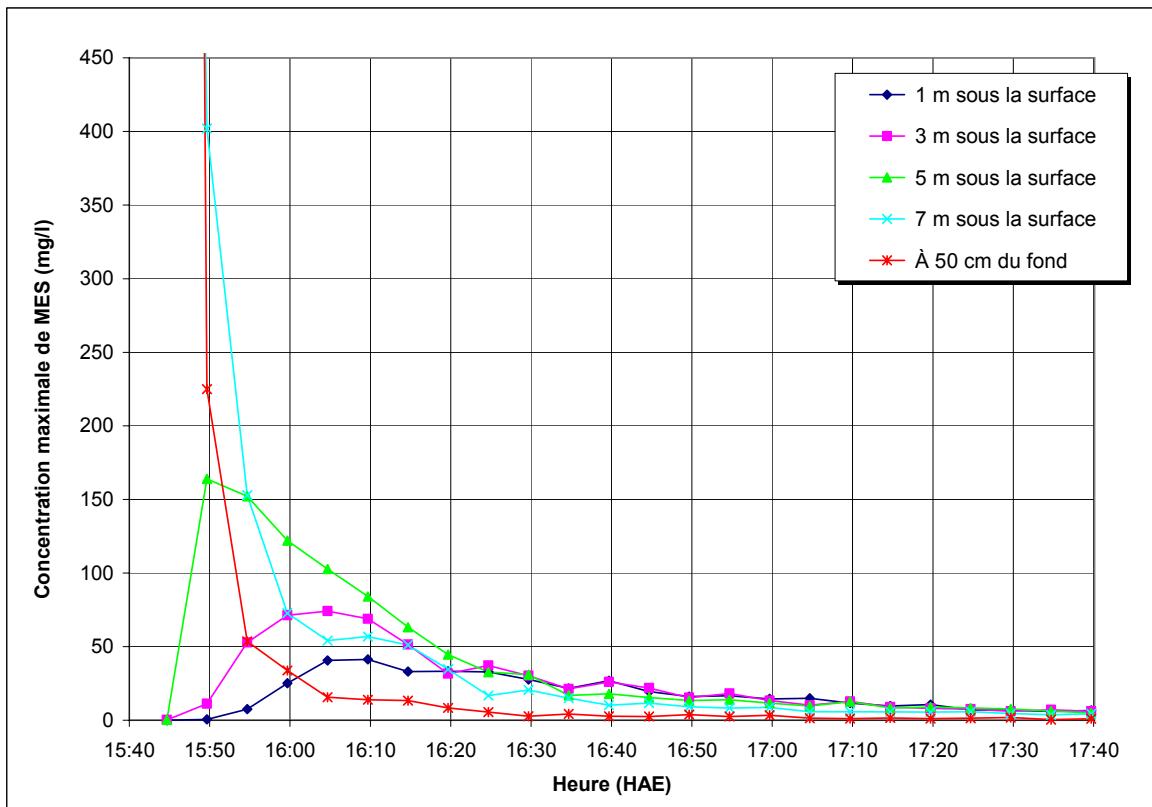


Figure 12 : Évolution des concentrations maximales de MIKE21 PA en conditions actuelles

4.4 Panaches de dispersion des options 1 et 2

Les résultats de modélisation de la dispersion des matériaux de dragage mènent à une bonne représentation de l'évolution des sédiments en suspension observée en nature. La méthodologie adoptée est donc adéquate pour prédire les panaches de dispersion qui seront associés au rejet en eau libre des matériaux de dragage des options 1 et 2 de réaménagement des quais.

4.4.1 Option 1

Les conditions sédimentaires de l'option 1 seront très similaires à celles vécues actuellement, le seul changement tangible dans la configuration des aménagements étant un léger allongement du quai du traversier. Les sédiments qui seront dragués et rejetés en eau libre seront donc identiques à ceux des conditions actuelles.

Puisqu'il n'y aura pas de changement tangible dans les activités de dragage de l'option 1 par rapport aux conditions actuelles, les résultats obtenus dans l'exercice de validation de la section 4.3 peuvent être directement transposés à l'évaluation des panaches de l'option 1. En somme, la majeure partie des sédiments déversés se déposeront directement au fond, et les sédiments qui seront remis en suspension seront rapidement dispersés par le milieu ambiant.

4.4.2 Option 2

Les résultats de modélisation STFATE de l'option 2 sont très similaires à ceux qui étaient obtenus avec l'option 1. Bien qu'une proportion de mottes inférieure soit spécifiée dans la modélisation (l'option 2 présente 31% de particules fines comparativement à 88% dans l'option 1), les sédiments sont plus grossiers et atteignent par conséquent rapidement le fond. L'évolution des concentrations maximales suite au rejet montre d'abord une concentration de sédiments élevée près du fond, puis une diminution rapide de cette concentration, par déposition et dispersion (figure 13). Tout comme pour l'option 1, les concentrations de sédiments demeurent peu élevées près de la surface, et les MES rejoignent rapidement les concentrations naturelles du milieu ambiant.

4.5 Récapitulatif

La modélisation des panaches de dispersion lors du déversement en eau libre des matériaux de dragage des options 1 et 2 montre que les opérations de rejet ne créent pas de panache de dispersion continu. Les matériaux déversés chutent plutôt en masse compacte dans la colonne d'eau. Suite à l'impact des matériaux sur le fond, une partie des sédiments est remise en suspension et participe à la formation d'un fluide dense sur le fond. Ce nuage

se déplace avec les courants de marée, mais est rapidement redéposé. Malgré la présence de particules très fines, il n'y pas d'étalement important sur la verticale. L'augmentation des MES au site de rejet demeure très localisée et les concentrations rejoignent rapidement celles du milieu ambiant.

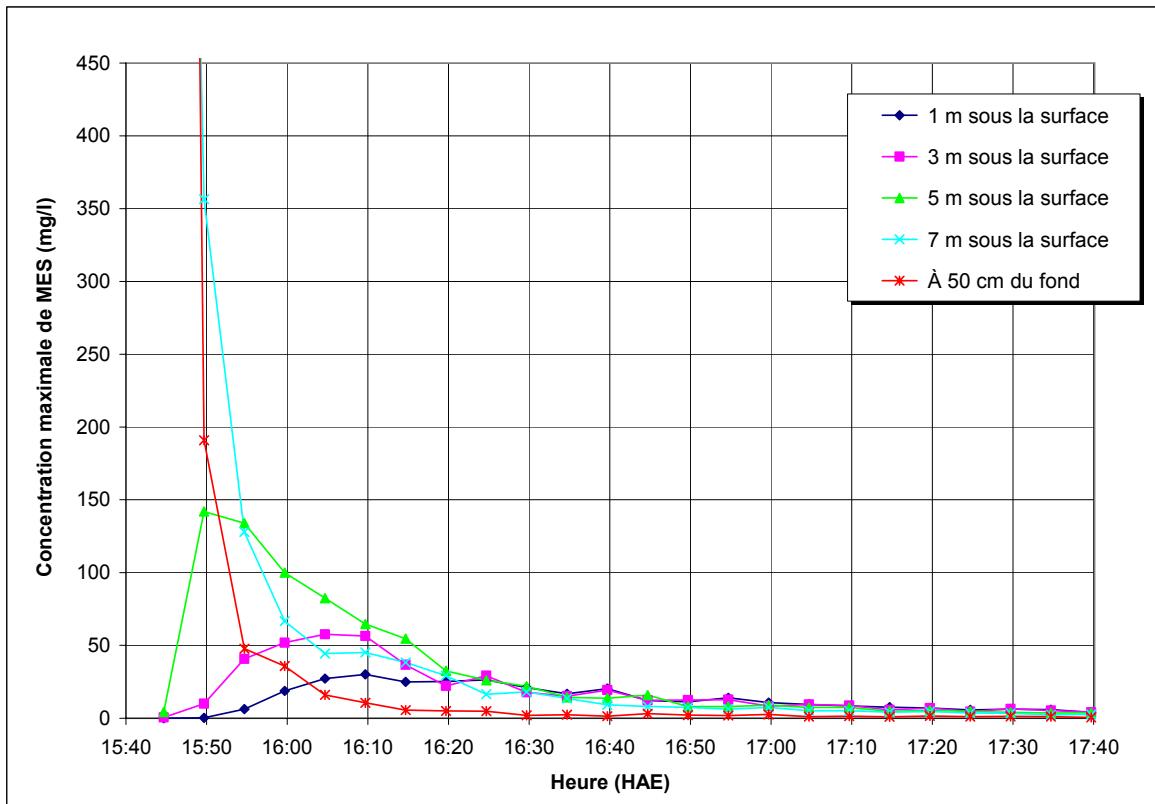


Figure 13 : Évolution des concentrations maximales de MIKE21 PA pour l'option 2

5.0 ÉROSION DES DÉPÔTS

Tel que décrit au chapitre précédent, la majeure partie des matériaux de dragage se dépose sur le fond suite à leur rejet en eau libre. La stabilité des dépôts formés au site de rejet a été évaluée pour les deux options de réaménagement des quais.

5.1 Approche méthodologique

La stabilité et le potentiel d'érosion des dépôts formés au site de rejet n'ont pas été évalués par modélisation. En effet, les modèles sédimentaires de MIKE 21 sont bien adaptés à la simulation d'événements de courte durée, mais ne permettent pas de simuler l'érosion des dépôts à long terme. De plus, pour évaluer l'érosion des dépôts, il ne faut pas uniquement considérer l'intensité des phénomènes érosifs, mais également leur fréquence. Par exemple, un fort courant de marée, combiné à des vagues de tempête, aura un impact important sur l'érosion des dépôts, mais aura une fréquence d'occurrence très peu élevée. À l'opposé, des courants et des vagues d'intensité moyenne auront un pouvoir d'érosion moins important, mais seront par contre beaucoup plus fréquents. En tenant compte des fréquences d'occurrence, différentes combinaisons de vagues et de courants peuvent en réalité avoir une contribution égale à l'érosion à long terme des dépôts formés au site de rejet.

L'approche utilisée pour déterminer le potentiel d'érosion des dépôts de dragage s'est donc plutôt basée sur l'analyse du régime des courants et des vagues du secteur, ainsi que sur les relevés bathymétriques du site de mise en dépôt effectués au fil des ans.

5.2 Régime des vagues et des courants

Afin d'intégrer la gamme complète des courants et des vagues dans le calcul du taux d'érosion des dépôts, les régimes des vagues et des courants ont d'abord été établis séparément. Puisque les marées sont engendrées par des phénomènes astronomiques et les vagues par des conditions météorologiques, elles peuvent être considérées statistiquement indépendantes l'une de l'autre. La probabilité d'occurrence d'une vague i et

d'un courant j peut donc être obtenue en multipliant leurs fréquences d'occurrence respectives. Cette approche permet de construire un tableau croisé des probabilités de chacune des combinaisons de vagues et de courants du site. Pour chacune de ces combinaisons, un taux d'érosion τ_{ij} est ensuite calculé. La sommation des taux d'érosion obtenus par cette méthode, multipliés par leur probabilité d'occurrence respective, donne un taux d'érosion moyen qui intègre la gamme complète des courants et des vagues du site :

$$\tau_{moy} = \sum_i \sum_j p_i p_j \tau_{ij} \quad [1]$$

où p_i est la probabilité d'occurrence d'une vague i , p_j est la probabilité d'occurrence d'un courant j , et τ_{ij} est le taux d'érosion résultant de l'action combinée d'une vague i et d'un courant j .

Cette approche présente également l'avantage de pouvoir estimer les durées minimales, moyennes et maximales requises pour la dispersion des dépôts.

5.2.1 Vagues

Les données utilisées pour établir le régime des vagues ont été extraites de l'étude numérique d'agitation due aux vagues préparée pour la coentreprise TLH en 2004 (réf. [9]). Dans cette étude, le régime des vagues au large de Rivière-du-Loup a été établi à partir des données de vents enregistrées à l'île Rouge, entre 1988 et 2001, à l'aide d'un modèle numérique de prévision des vagues.

Le tableau 5 donne les fréquences des vagues selon leur hauteur significative pour l'ensemble des directions de vent, pour la période de l'année libre de glace (début avril à la fin décembre). La vitesse orbitale associée à chaque catégorie de vague, calculée pour une profondeur moyenne de 11 m, est également présentée. Les statistiques de vagues à Rivière-du-Loup montrent que les vagues les plus fréquentes sont de faibles amplitudes. Les vagues ayant une hauteur significative inférieure à 0,5 m comptent pour 65 % des vagues prédites sur le site. Les vagues de plus forte amplitude ($H_s > 1$ m) sont beaucoup plus rares et ne représentent qu'environ 4% des vagues observées sur le site.

Tableau 5 : Climat de vagues au large de Rivière-du-Loup

Hauteur significative H_s (m)	Vitesse orbitale (m/s)	Fréquence (%)
0,05	0,02	12,3
0,15	0,07	13,3
0,25	0,11	14,0
0,35	0,15	13,3
0,45	0,19	11,9
0,55	0,22	10,3
0,65	0,26	8,2
0,75	0,30	6,0
0,85	0,32	3,9
0,95	0,35	2,7
1,125	0,42	3,2
1,375	0,48	0,9
1,625	0,56	0,2
1,875	0,65	0,04

5.2.2 Courants

Le régime des courants au site de mise en dépôt a été établi d'après les champs de vitesses calculés par MIKE21 pour un cycle de marée en vive-eau et un cycle de marée en morte-eau. Le tableau 6 présente la fréquence des courants de marée calculés par le modèle. Les courants obtenus couvrent une gamme allant de 0 à 1,2 m/s, avec une fréquence variant entre 3 et 19%. Les courants de faible intensité sont plus fréquents, mais plus de 10% des courants sont supérieurs à 1,0 m/s.

5.2.3 Régime combiné

Le régime combiné des vagues et des courants est présenté au tableau 7. Ce tableau croisé des probabilités a été obtenu en multipliant les fréquences respectives des vagues et des courants de marée des tableaux 5 et 6.

Tableau 6 : Courants de marée au site de mise en dépôt

Vitesse (m/s)	Fréquence (%)
0,05	10
0,15	11
0,25	13
0,35	19
0,45	11
0,55	3
0,65	5
0,75	3
0,85	6
0,95	8
1,05	9
1,15	3

Tableau 7 : Fréquence combinée des vagues et des courants au site de mise en dépôt (%)

Courant (m/s)	Hauteur significative des vagues H_s (m)													
	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,125	1,375	1,625	1,875
0,05	1,22	1,33	1,40	1,33	1,19	1,03	0,82	0,60	0,39	0,27	0,32	0,09	0,02	0,004
0,15	1,39	1,51	1,58	1,51	1,35	1,16	0,92	0,68	0,44	0,30	0,36	0,10	0,02	0,004
0,25	1,63	1,77	1,86	1,78	1,59	1,37	1,09	0,80	0,52	0,36	0,42	0,11	0,02	0,005
0,35	2,29	2,48	2,61	2,49	2,22	1,91	1,52	1,12	0,73	0,50	0,59	0,16	0,03	0,01
0,45	1,31	1,42	1,49	1,42	1,27	1,09	0,87	0,64	0,42	0,29	0,34	0,09	0,02	0,004
0,55	0,33	0,35	0,37	0,36	0,32	0,27	0,22	0,16	0,10	0,07	0,08	0,02	0,00	0,001
0,65	0,57	0,62	0,65	0,62	0,56	0,48	0,38	0,28	0,18	0,12	0,15	0,04	0,01	0,002
0,75	0,41	0,44	0,47	0,44	0,40	0,34	0,27	0,20	0,13	0,09	0,11	0,03	0,01	0,001
0,85	0,73	0,80	0,84	0,80	0,71	0,62	0,49	0,36	0,24	0,16	0,19	0,05	0,01	0,002
0,95	0,98	1,06	1,12	1,07	0,95	0,82	0,65	0,48	0,31	0,21	0,25	0,07	0,01	0,003
1,05	1,06	1,15	1,21	1,15	1,03	0,89	0,71	0,52	0,34	0,23	0,27	0,07	0,02	0,003
1,15	0,33	0,35	0,37	0,36	0,32	0,27	0,22	0,16	0,10	0,07	0,08	0,02	0,005	0,001

5.3 Option 1 – Évaluation de l'érosion par calculs

5.3.1 Taux d'érosion

L'érosion causée par les courants seulement est fonction de la contrainte de cisaillement causée par la vitesse de l'écoulement :

$$\tau_c = \rho u_*^2 \quad [2]$$

où ρ est la densité de l'eau et u_* la vitesse de cisaillement, évaluée en fonction de la vitesse moyenne de l'écoulement.

Le mouvement des sédiments sur le fond par l'action des vagues dépend de la vitesse induite par les vagues sur le fond :

$$\tau_w = 0,5 \rho f_w U_w^2 \quad [3]$$

où f_w est le coefficient de friction des vagues et U_w la vitesse orbitale des vagues.

Pour chaque combinaison de vagues et de courants du tableau 7, les contraintes de cisaillement τ_w et τ_c ont été calculées puis combinées selon la méthode prescrite par Soulsby (réf. [10] et [11]) afin d'obtenir pour chaque combinaison un taux d'érosion incluant l'action conjointe des vagues et des courants. Les taux d'érosion ainsi calculés sont présentés au tableau 8.

Les zones ombrées du tableau 8 correspondent aux conditions pour lesquelles l'action combinée des vagues et des courants n'est pas suffisante pour initier le mouvement des sédiments déposés sur le fond. Il n'y a pour ces conditions aucune érosion. L'analyse des données du tableau 8 révèle que les courants de marée jouent un plus grand rôle que les vagues dans l'érosion des dépôts formés au site de rejet. En effet, pour une hauteur de vague donnée, l'augmentation de la vitesse de l'écoulement entraîne une augmentation importante du taux d'érosion. À l'inverse, pour une vitesse de courant donnée, l'augmentation de la hauteur de vague n'a pas une influence aussi significative sur le calcul du taux d'érosion.

Tableau 8 : Taux d'érosion résultant de l'action combinée des vagues et des courants
 $(10^{-4} \text{ kg/m}^2/\text{s})$

Courant (m/s)	Hauteur significative des vagues H_s (m)													
	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,125	1,375	1,625	1,875
0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	1,77	2,35
0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	1,31	2,06	2,65
0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	1,44	2,28	2,93
0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	1,48	2,30	2,96
0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,07	0,39	0,52	0,77	1,72	2,45	3,06
0,55	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95	1,18	1,28	1,46	2,22	2,84	3,37
0,65	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,97	1,98	2,00	2,17	2,24	2,38	2,99	3,50	3,95
0,75	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,18	3,18	3,20	3,33	3,38	3,50	3,98	4,40	4,78
0,85	4,52	4,52	4,52	4,52	4,52	4,53	4,53	4,54	4,65	4,70	4,79	5,18	5,53	5,85
0,95	6,02	6,02	6,02	6,02	6,02	6,03	6,03	6,04	6,13	6,16	6,24	6,57	6,86	7,13
1,05	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,67	7,68	7,75	7,78	7,85	8,12	8,37	8,60
1,15	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,46	9,46	9,46	9,52	9,55	9,60	9,84	10,05	10,25

Sur la base des taux d'érosion du tableau 8 et de leurs fréquences d'occurrence respectives (tableau 7), un taux moyen d'érosion de $1,9 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ est obtenu pour l'option 1.

5.3.2 Résistance à l'érosion

La principale incertitude associée à l'analyse de l'érosion des dépôts de l'option 1 réside dans le caractère cohésif des sédiments dragués, qui sont majoritairement des silts et des argiles. La résistance à l'érosion est caractérisée par une contrainte limite d'érosion, τ_e . Lorsque le cisaillement combiné des vagues et des courants est inférieur à τ_e , il n'y a pas d'érosion. À l'inverse, lorsque le cisaillement combiné des vagues et des courants est supérieur à τ_e , il y a érosion et le temps requis pour disperser les dépôts peut alors être calculé.

L'évaluation de τ_e est généralement déterminée en laboratoire et dépend de nombreux facteurs : nature minéralogique des sédiments, teneur et diamètres des particules fines, degré de consolidation, épaisseur des dépôts, etc. (réf. [10] et [12]). La littérature fait donc mention d'une vaste gamme de τ_e , se situant majoritairement entre 0,2 et 1,0 N/m² (réf. [10]). Dans le cas présent, les propriétés des sédiments sont d'autant plus difficiles à déterminer qu'il s'agit de sédiments remaniés, et non d'argiles naturelles.

5.3.3 Épaisseur des dépôts

Afin d'être en mesure d'évaluer le temps requis pour éroder les dépôts, il faut également en connaître l'épaisseur. Pour l'option 1, l'épaisseur des dépôts peut être estimée à partir des relevés bathymétriques effectués avant et après les activités de dragage au site de mise en dépôt 2005. La figure 14 présente les écarts de niveau obtenus en soustrayant la bathymétrie pré-dragage de la bathymétrie post-dragage. En moyenne, l'épaisseur des dépôts est de 0,2 m, avec des valeurs locales pouvant dépasser 0,7 m.

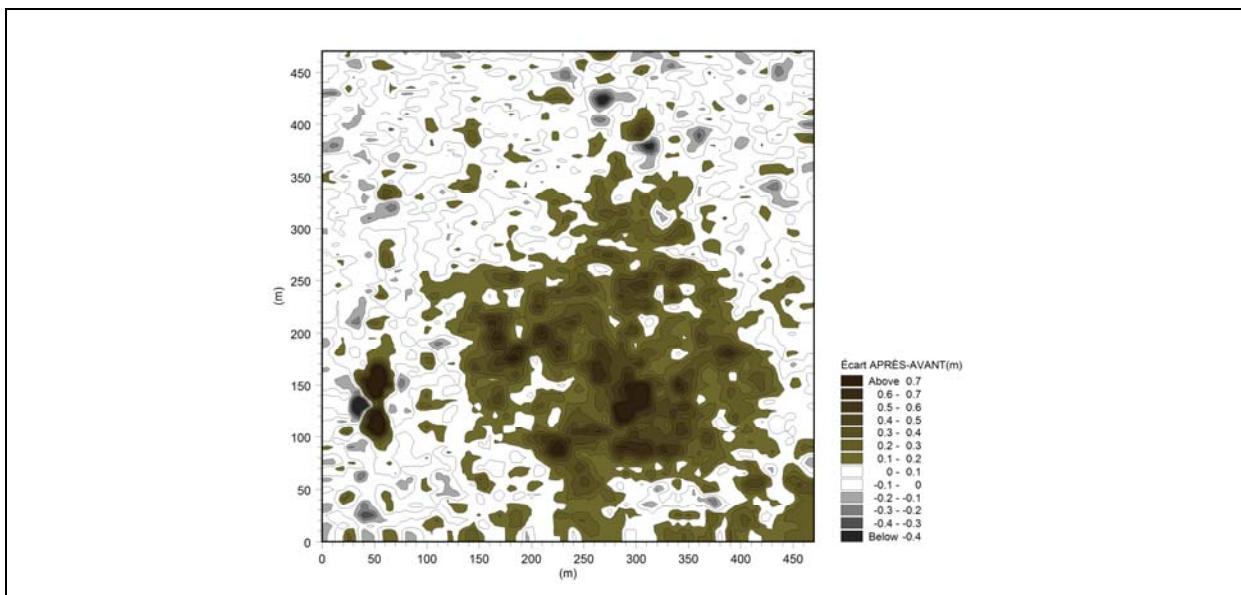


Figure 14 : Site de mise en dépôt 2005 - Écart de bathymétrie Après – Avant le dragage

5.3.4 Temps d'érosion

Sur la base du taux moyen d'érosion obtenu par calcul ($1,9 \times 10^{-4}$ kg/m²/s, section 5.3.1), et en supposant une épaisseur conservatrice de dépôt de 0,5 m, il est possible de déterminer un intervalle de temps d'érosion en utilisant les valeurs minimale et maximale de résistance à l'érosion (0,2-1,0 N/m², section 5.3.2). Pour une résistance faible à l'érosion, le temps moyen requis pour éroder les dépôts de l'option 1 serait de 14 jours. Pour une résistance élevée, le temps moyen requis serait de 660 jours, durée pendant laquelle il y aurait certainement consolidation et une résistance encore plus accrue à l'érosion.

Advenant une période de temps calme, c'est-à-dire une période pendant laquelle il n'y aurait que des vagues de faible ou moyenne amplitude ($H_s < 1$ m), les temps d'érosion demeurerait sensiblement les mêmes. Pour un temps avec de fortes vagues, les temps d'érosion seraient écourtés d'environ 20% de leur durée moyenne. Tel que mentionné précédemment, les vagues ne jouent pas un rôle dominant dans l'érosion des dépôts, et le climat de vagues change peu la durée d'érosion. La variabilité des courants n'a pas à être prise en compte puisque ceux-ci sont conditionnés par les marées, et présentent toujours la même distribution (courants forts et faibles s'alternant au cours du cycle de marée).

L'exercice de calcul présenté dans les paragraphes précédents montre qu'il est difficile d'estimer avec précision le temps d'érosion des dépôts de dragage sur la base de relations empiriques, majoritairement établies en laboratoire pour des conditions bien précises. Les suivis bathymétriques au site de mise en dépôt permettent toutefois de mettre en perspective ces résultats.

5.4 Relevés bathymétriques au site de mise en dépôt

5.4.1 Relevés de 2005

Initialement, les seuls relevés bathymétriques disponibles pour l'analyse de la stabilité des dépôts étaient ceux de 2005, effectués au début et à la fin des travaux de dragage. D'après ces relevés, approximativement 37% des matériaux déposés ne se trouvaient plus au site de mise en dépôt au terme des travaux de dragage.

En 2005, quatre échantillons de sédiments ont également été prélevés dans la zone de mise en dépôt de 2004. D'après la granulométrie moyenne de ces échantillons, il ne restait plus que 4% de sédiments fins (silts et argiles) un an après les travaux de dragage de 2004. En supposant une teneur en particules fines similaire à celle des sédiments dragués en 2005 (88% du volume total, voir tableau 2), la majorité des sédiments rejetés au site de mise en dépôt 2004 se seraient donc dispersés.

Ces deux informations sont cohérentes avec le temps d'érosion minimal obtenu par calculs (14 jours), et soutiennent l'hypothèse d'un site dispersif. Toutefois, le site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup a toujours été considéré par le passé comme étant non-dispersif. Afin de mieux documenter le comportement du site, il a été décidé, de concert avec les intervenants du projet, d'intégrer à l'analyse les relevés bathymétriques pré- et post-dragage des sites de dépôt 2006 et 2007. La STQ a également fait effectuer à l'automne 2007 une bathymétrie d'ensemble de l'aire de dépôt. La section suivante présente les résultats obtenus.

5.4.2 Relevés bathymétriques récents

Les relevés bathymétriques suivants ont été effectués par les Entreprises Normand Juneau depuis 2005 :

- Bathymétrie pré-dragage du site de mise en dépôt 2006 (12 juin 2006)
- Bathymétrie post-dragage du site de mise en dépôt 2006 (4-5 juillet 2006)
- Bathymétrie pré-dragage du site de mise en dépôt 2007 (8 juin 2007)
- Bathymétrie post-dragage du site de mise en dépôt 2007 (7 août 2007)
- Bathymétrie globale de l'aire de dépôt de Rivière-du-Loup en 2007 (14-17 octobre 2007)

Une bathymétrie à haute résolution relevée à l'été 2007 et couvrant la majeure partie de l'aire de dépôt nous a également été fournie par la firme CIMA+, dans le cadre d'une étude qu'elle effectue dans le secteur de Cacouna.

L'évolution bathymétrique des sites de mise en dépôt 2005, 2006 et 2007 est présentée aux figures 15 à 17, et les sites peuvent être localisés à la figure 8. Il convient de souligner que les sites de dépôt 2006 et 2007 sont les mêmes que ceux utilisés en 1998 et 1999, respectivement. L'examen visuel des bathymétries relevées aux différents sites de dépôt révèle plusieurs points intéressants :

- D'après les bathymétries pré-dragage des sites 2006 et 2007 (figures 16a et 17a), il semble que les dépôts de dragage de 1998 et 1999 ne se soient pas encore entièrement érodés, des monticules étant toujours visibles au centre de chaque zone.
- Pour les trois sites de dépôt, les bathymétries relevées à la fin des travaux de dragage (figures 15b, 16b et 17b) révèlent la présence de dépôts de dragage sur les fonds naturels.
- Après un certain temps, illustré par la bathymétrie d'octobre 2007 (figures 15c, 16c et 17c), un certain lissage des fonds est évident et l'épaisseur des dépôts est réduite.
- La bathymétrie d'ensemble de la figure 18 montre que les fonds sont plus élevés dans la portion sud-ouest de la zone de mise en dépôt. Avant 1998, l'aire de dépôt de Rivière-du-Loup n'était pas divisé en lots annuels, et il est probable que les rejets en eau libre aient été effectués massivement dans la portion sud-ouest du site, celle-ci étant la plus près de l'aire de dragage et permettant ainsi de minimiser les temps de transport.
- La haute résolution de la bathymétrie de la figure 18 permet de distinguer clairement la présence de figures sédimentaires (dunes) sur les fonds, ce qui témoigne de l'importance du transport sédimentaire des matériaux sableux dans le secteur.

Les écarts de volumes entre chacun des relevés bathymétriques effectués par les Entreprises Normand Juneau sont présentés au tableau 9. Il est à noter que le volume total déposé au site de mise en dépôt inclut les matériaux dragués devant le quai du traversier par la STQ ainsi que les matériaux dragués dans la marina par le club nautique de Rivière-du-Loup (non-contrôlé par la STQ).

Tableau 9 : Différences de volumes entre les relevés bathymétriques au site de mise en dépôt

Site	Date	Volume dragué et déposé au site de mise en dépôt (m ³)			Écart de volume (m ³) [%]	
		quai	marina	total	p/r précédent	cumulatif
2005	26 juin 2005	40 604	-	40 604	-	-
	14 juillet 2005	-	-	-	-14 994	-14 994 [-37%]
	14-17 octobre 2007	-	-	-	-8 142	-23 136 [-57%]
2006	12 juin 2006	33 127	2 613	35 740	-	-
	4-5 juillet 2006	-	-	-	-2 431	-2 431 [-7%]
	14-17 octobre 2007	-	-	-	-23 403	-25 834 [-72%]
2007	8 juin 2007	42 508	2 367	44 875	-	-
	7 août 2007	-	-	-	-17 194	-17 194 [-38%]
	14-17 octobre 2007	-	-	-	-11 110	-28 304 [-63%]

Les écarts de volumes observés entre les relevés bathymétriques consécutifs peuvent résulter de l'érosion des fonds, et/ou du tassement des sédiments. En effet, avec le temps, les sédiments fins s'écrasent sous leur propre poids et perdent progressivement une partie de leur eau interstitielle, résultant en une diminution de leur épaisseur. Ce tassement peut se poursuivre pendant de nombreuses années, et varie généralement de façon logarithmique, c'est-à-dire qu'il ralentit avec le temps pour atteindre un certain maximum (réf. [12]). Par exemple, les modèles sédimentaires de MIKE 21 utilisent une diminution d'épaisseur d'environ 15% après un mois et de 20% après un an pour les sédiments argileux (réf. [13]).

Malgré le tassement possible et la consolidation des matériaux de dragage, l'importance des écarts de volumes du tableau 9 confirme une érosion non-négligeable des dépôts. Il semble donc que le site de mise en dépôt soit partiellement dispersif. D'après les données des sites de mise en dépôt 2005 et 2007, il y a une perte rapide des matériaux avant même la fin des travaux, alors que les sédiments ne sont pas encore consolidés, puis une érosion plus lente par la suite. Les relevés de 2006 ne montrent pas exactement la même tendance, avec une perte de matériaux peu importante au terme des travaux de dragage comparativement aux zones 2005 et 2007. En ne considérant que les écarts de volumes cumulatifs obtenus en 2007, les trois sites de mise en dépôt étudiés indiquent que

plus de 50% (en tenant compte d'un certain tassemement) des matériaux déposés se seraient érodés. Cette analyse ne suppose toutefois aucune imprécision associée aux relevés bathymétriques, alors que l'erreur relative des équipements de sondage utilisés est de l'ordre de ± 10 cm. Une certaine incertitude accompagne donc les écarts de volumes présentés au tableau 9 et l'analyse qui en découle.

Par ailleurs, l'examen de la bathymétrie à haute résolution présentée à la figure 18 révèle la présence d'importantes dunes sur les fonds. Tel que mentionné précédemment, ces formations sédimentaires sont indicatrices d'un transport sableux important résultant de l'action des courants. Les matériaux de dragage argileux seraient donc recouverts de sable, ce qu'indiquaient également les échantillons de surface prélevés dans la zone de mise en dépôt de 2004, constitués à 96% de sable (voir section 5.4.1). Pour confirmer cette hypothèse, il serait intéressant d'effectuer des forages plus profonds lors de la prochaine campagne de suivi.

Les formations sédimentaires observées à la figure 18 témoignent d'un transport sableux certain dans la zone de mise en dépôt de Rivière-du-Loup. Les monticules de dépôt visibles sur les fonds naturels indiquent toutefois que les matériaux de dragage ne sont pas entièrement érodés suite à leur rejet en eau libre. Une fois recouverts de sable, les déblais de dragage deviennent probablement protégés des forces hydrodynamiques ambiantes, et avec la consolidation, voient aussi leur potentiel d'érosion diminuer avec le temps. Cette analyse vient appuyer l'hypothèse du site partiellement dispersif obtenue sur la base des écarts de volume interannuels des bathymétries.

Mentionnons finalement qu'il difficile d'évaluer le rayon de dispersion de la portion des matériaux de dragage qui sont érodés au site de mise en dépôt. Sur la base des suivis de panaches effectués lors des déversements en eau libre, qui montre un retour sur une courte distance aux concentrations de MES ambiantes (voir section 4.2.2), l'impact des matériaux de dragage remis en suspension suite à leur dépôt est jugé restreint au site immédiat du point de rejet.

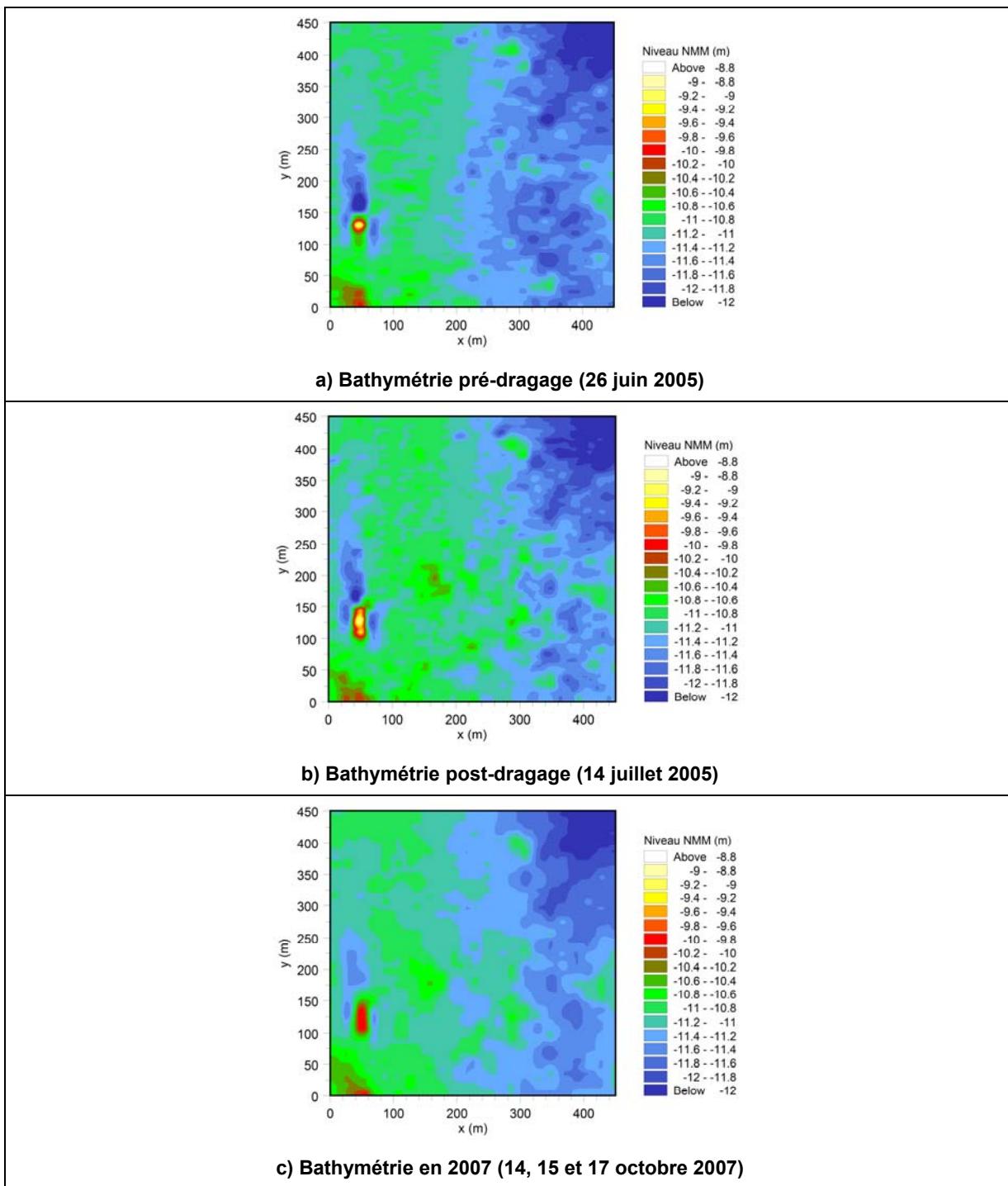


Figure 15 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2005

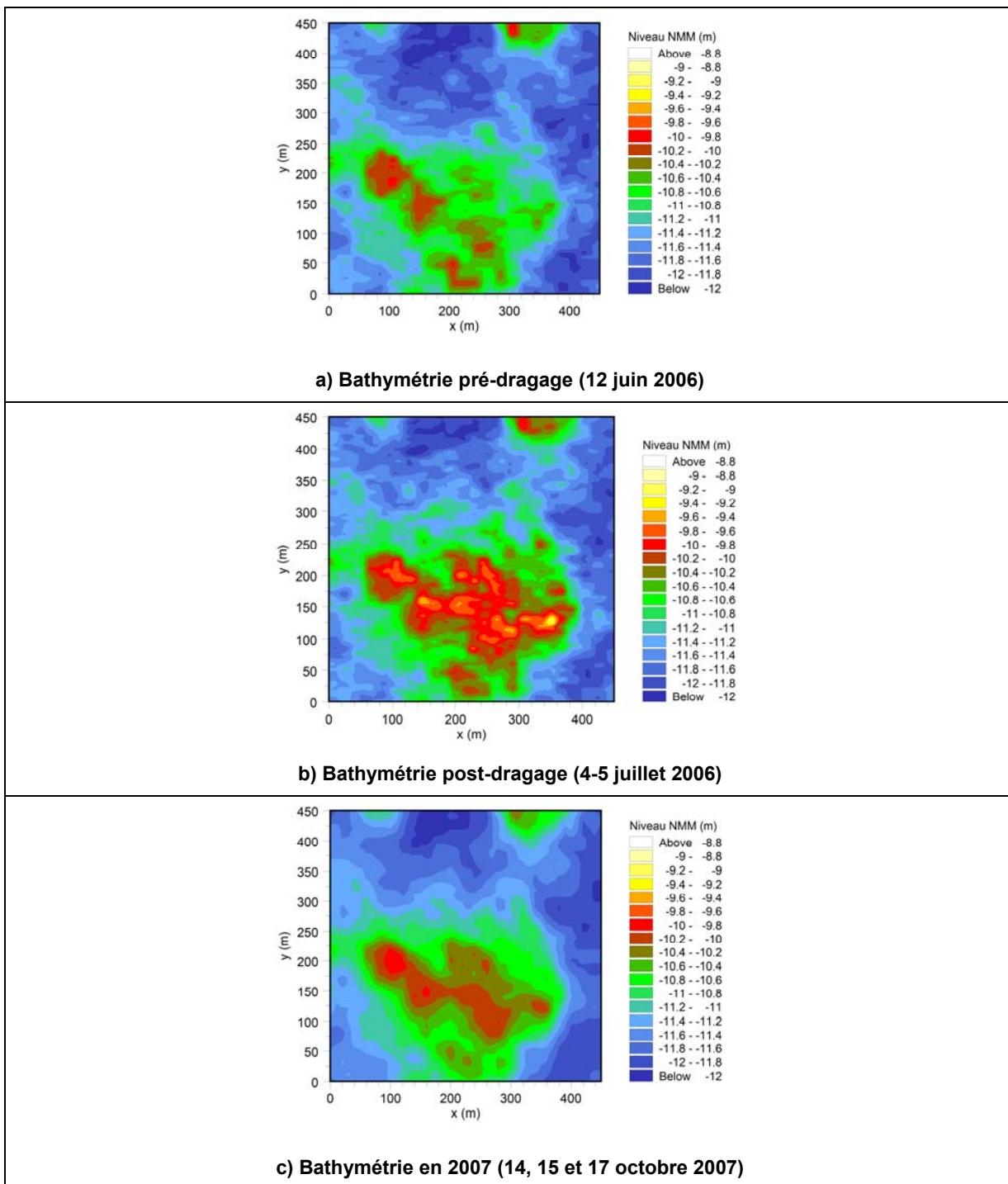


Figure 16 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2006

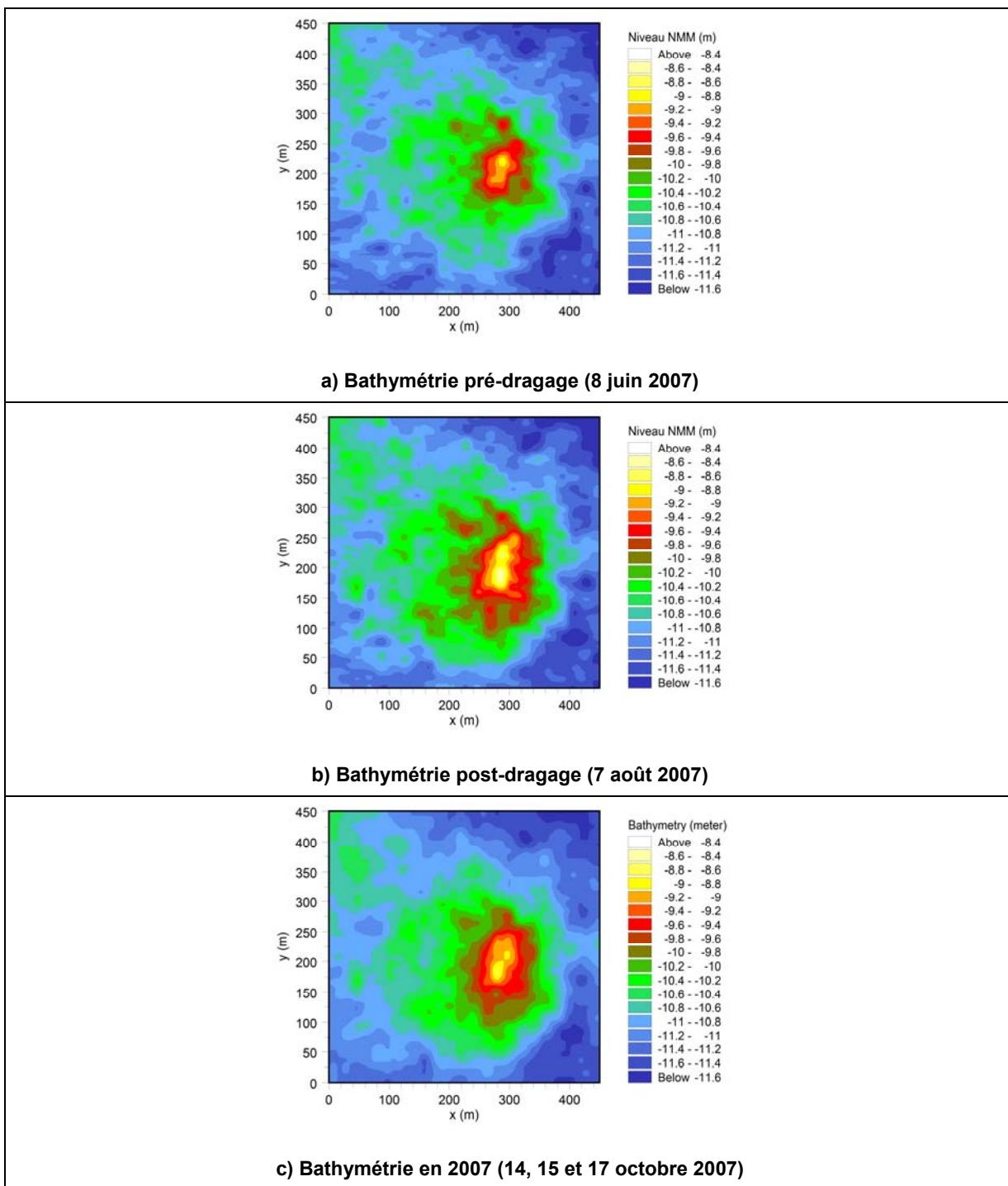


Figure 17 – Relevés bathymétrique du site de mise en dépôt 2007

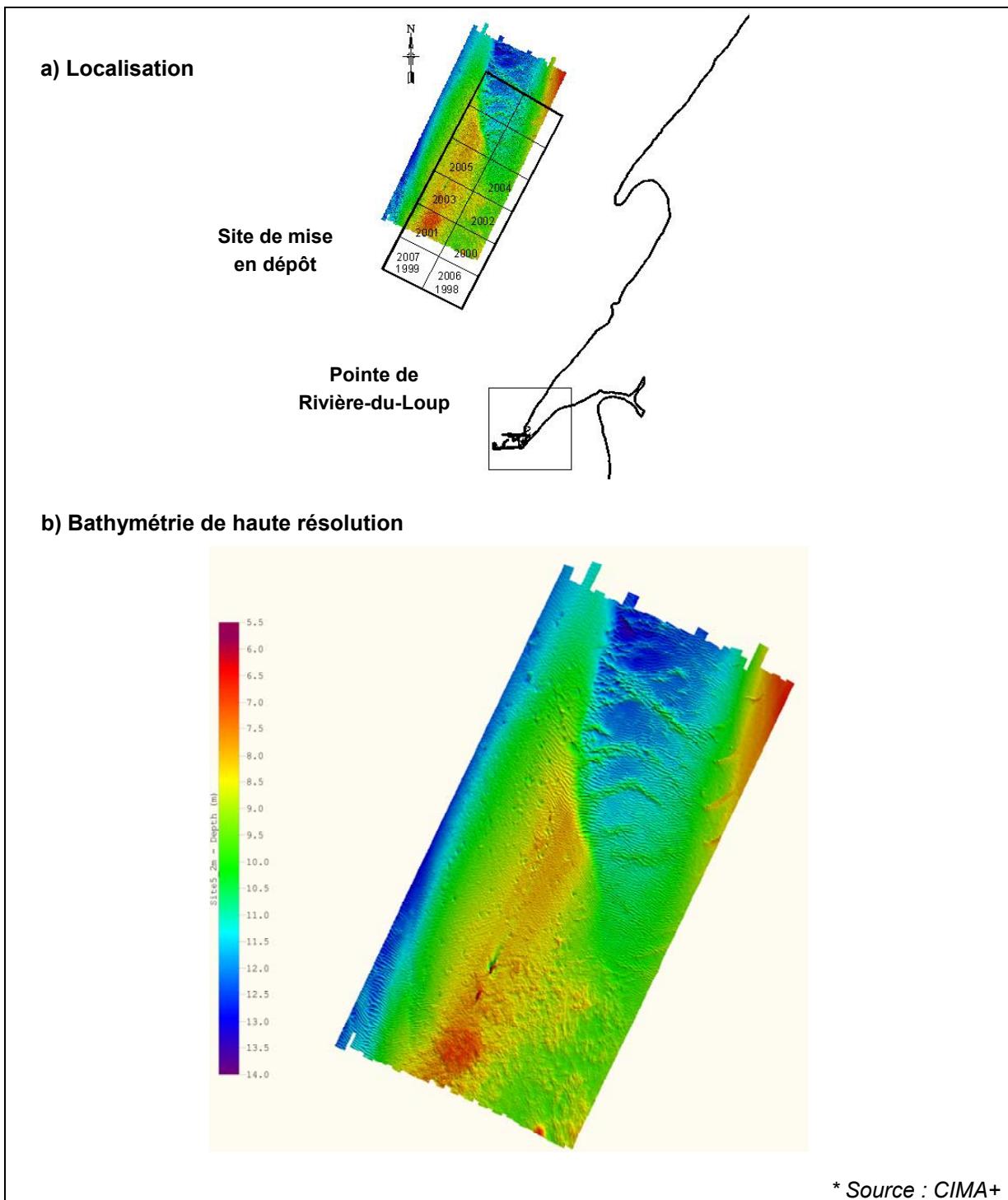


Figure 18 – Bathymétrie 2007 à haute résolution de l'aire de dépôt de Rivière-du-Loup

5.5 Érosion des dépôts de l'option 2

Tout comme pour l'option 1, le temps d'érosion des matériaux de dragage de l'option 2 a d'abord été évalué par calculs, en considérant le régime des vagues et des courants du site de mise en dépôt. En utilisant un diamètre moyen de 0,4 mm (voir tableau 3), le temps d'érosion de l'option 2 est évalué à environ 13,5 jours, soit une valeur très proche de la valeur minimale correspondant à l'option 1. Par simple comparaison, la stabilité des dépôts de l'option 2 pourrait donc être supposée similaire à celle de l'option 1. L'approche utilisée suppose toutefois des sédiments entièrement granulaires (i.e. sans cohésion entre les particules).

La courbe granulométrique typique des sédiments trouvés dans l'aire de dragage de l'option 2 (voir tableau 3) indique une majorité de sables et de graviers, mais avec un pourcentage non négligeable de silts et d'agiles (31%). Cette proportion de particules fines est suffisante pour conférer aux sédiments des propriétés cohésives (réf. [10]). De plus, suite à leur déposition sur le fond, les sédiments grossiers subissent une mise en place et une imbrication avec les particules plus fines, ce qui leur permet d'avoir une matrice plus dense et de mieux résister aux forces d'érosion. Compte tenu de ces caractéristiques et des résultats obtenus pour l'option 1, il apparaît donc probable que les dépôts de l'option 2 seront plus stables que ceux de l'option 1.

6.0 VOLUMES DE DRAGAGE DES OPTIONS 1 ET 2

Les deux options de reconstruction du quai de traversier de Rivière-du-Loup nécessiteront des dragages d'entretien. Afin de pouvoir comparer les coûts à long terme du dragage d'entretien de chacune des options de réaménagement, les volumes annuels de dragage associés aux options 1 et 2 ont été évalués.

6.1 Option 1

Dans le cas de l'option 1, le volume annuel de dragage sera similaire à celui obtenu pour les conditions d'aménagements actuelles. En effet, l'allongement du quai n'agrandit pas de manière significative la superficie des fonds devant être dragués, et le traversier maintiendra dans son sillage un chenal plus profond le long de l'extension projetée, lequel ne nécessitera pas d'être dragué. En conditions actuelles, le volume dragué montre des écarts interannuels importants (tableau 10). Le volume moyen à draguer de l'option 1 peut donc être raisonnablement estimé sur la base des volumes dragués dans le passé, notamment depuis 2002, année marquant la dernière modification du tracé de l'aire de dragage du quai du traversier. Le volume annuel de dragage d'entretien associé à l'option 1 est ainsi évalué à 21 000 m³. Cette valeur est calculée à partir des volumes théoriques de dragage du tableau 10, car la STQ exigera à compter de 2007 qu'il y ait le moins de sur-dragage possible.

6.2 Option 2

L'option 2 nécessite un dragage initial de construction afin de créer une aire d'approche et une aire d'accostage d'une profondeur de 5 m (voir figure 5). Le secteur à draguer correspond à la partie distale du delta de la rivière du Loup, une zone soumise par définition au dépôt de matériaux plus grossiers charriés par les crues de la rivière du Loup.

L'évaluation des volumes de dragage d'entretien de l'option 2 repose sur l'analyse des relevés bathymétriques de la tranchée témoin aménagée par la STQ en 2002 afin de documenter le potentiel de sédimentation de l'option 2.

Tableau 10 : Volumes de dragage au quai du traversier de Rivière-du-Loup

Année	Volume théorique (m ³)	Volume dragué (m ³)
2007	28 260	42 508
2006	20 260	31 138
2005	18 965	40 604
2004	17 697	28 803
2003	14 250	21 588
2002	26 445	38 895

6.2.1 Évaluation du volume sur la base de la tranchée témoin

Sept relevés bathymétriques ont été effectués pour documenter l'évolution de la bathymétrie de la tranchée témoin depuis sa création, le 14 juillet 2002. La figure 19 compare l'état initial de la tranchée avec les dernières données bathymétriques, datant du 4 juillet 2006. Les autres bathymétries sont présentées à l'annexe A. En quatre ans, la tranchée témoin s'est remplie significativement. Le tableau 11 détaille les écarts de déposition et d'érosion calculés dans la fosse, en comparant les relevés bathymétriques d'année en année. Les années 2004 et 2006 sont comparées entre elles car aucun relevé n'a été effectué en 2005.

Tableau 11 : Volumes d'érosion et de déposition dans la fosse témoin

Année	Volume déposé (m ³) [1]	Volume érodé (m ³) [2]	Déposition nette (m ³) [1]-[2]
2002	-	-	-
2003	603	230	373
2004	404	126	276
2005	n/d	n/d	n/d
2006	652 depuis 2004	16 depuis 2004	636 depuis 2004
		moyenne	320 ± 25 m³/année

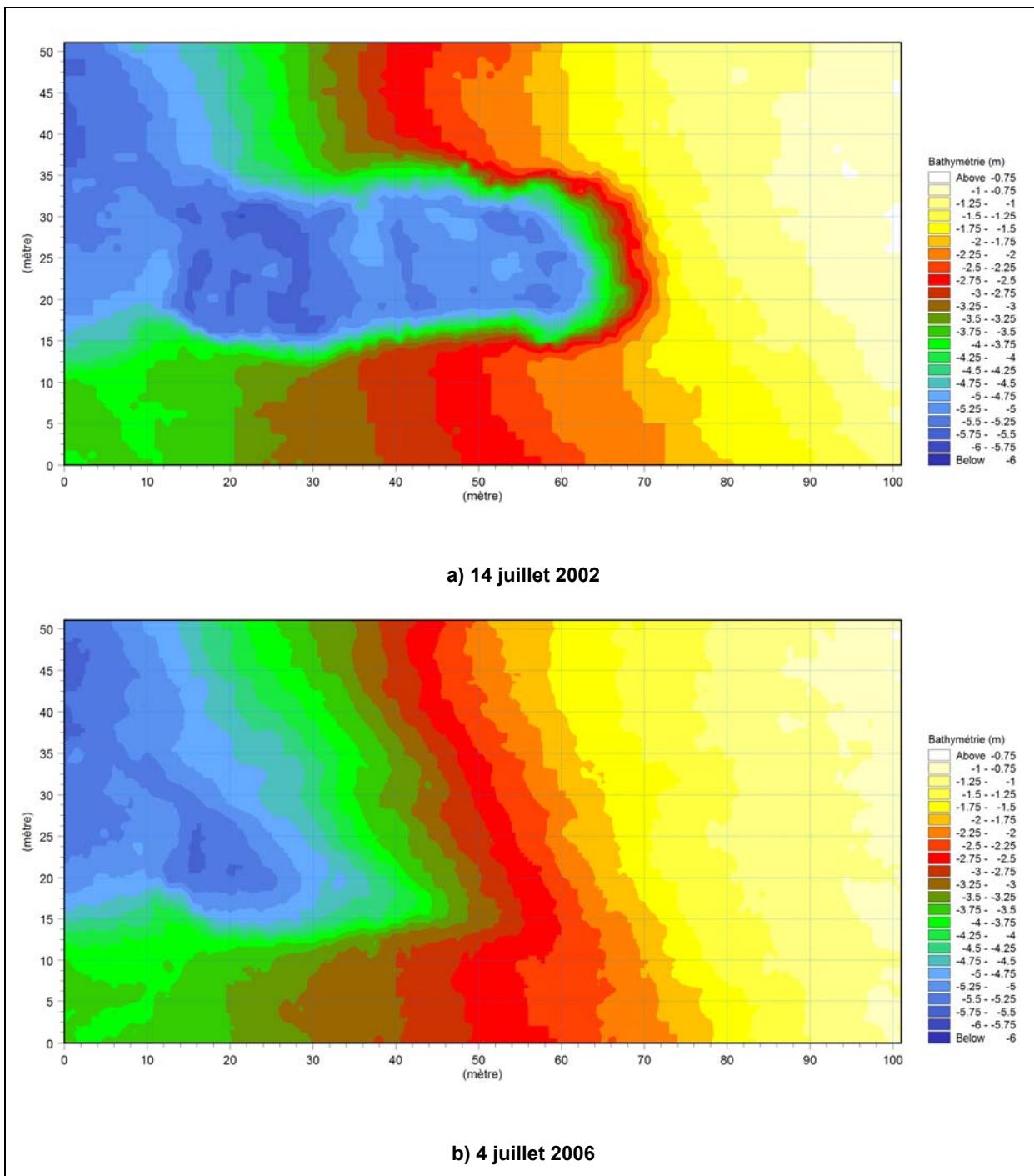


Figure 19 : Bathymétries de la tranchée témoin

La déposition nette correspond à la différence entre le volume déposé et le volume érodé. En effet, il est supposé que les sédiments érodés dans la fosse, notamment sur les pentes latérales de celle-ci, se sont simplement déposés au fond.

D'après l'analyse des données bathymétriques, un volume moyen de 320 m³ de sédiments par année aurait été intercepté dans la fosse témoin. La tranchée témoin a une superficie en plan de 2 000 m² et l'aire de dragage de l'option 2 une superficie de 26 700 m². Sur la base de ces superficies, le volume de dragage de l'option 2 est donc évalué entre 4 000 et 6 000 m³ par année.

6.2.2 Capacité de transport de la rivière du Loup

L'analyse précédente ne suppose pas de la provenance ni du mode de transport des sédiments déposés dans la fosse témoin. Afin de vérifier si la rivière du Loup a une capacité suffisante pour transporter les sédiments retrouvés dans la fosse, une simulation des conditions hydrodynamique du secteur à l'étude a été effectuée en incluant le débit de la rivière en crue.

La figure 20 présente les séries annuelles de débits enregistrés entre 1962 et 2000 à la station 02PG001 de la rivière du Loup, située 1,4 km en aval du pont-route 185. D'après ces données, la crue moyenne de printemps de la rivière du Loup est d'environ 76 m³/s.

La figure 21 montre le champ hydrodynamique du secteur à l'étude pour une marée de vive-eau, au moment de la basse mer. Les vitesses le long de l'ancien quai commercial sont importantes, atteignant localement des vitesses supérieures à 1,3 m/s. Afin d'évaluer la capacité de transport de la rivière, les profondeurs d'eau et les vitesses simulées par le modèle ont été extraites en trois points le long du chenal d'écoulement de la rivière (voir figure 21). Sur la base des valeurs moyennes de profondeur et de vitesse, et en considérant un diamètre moyen de sédiment de 0,4 mm (voir tableau 3), la rivière du Loup serait en mesure de transporter lors de la crue environ 4 000 m³ de sédiments dans son delta. Le volume de dragage estimé pour l'option 2 (4 000 à 6 000 m³ par année) serait donc réaliste.

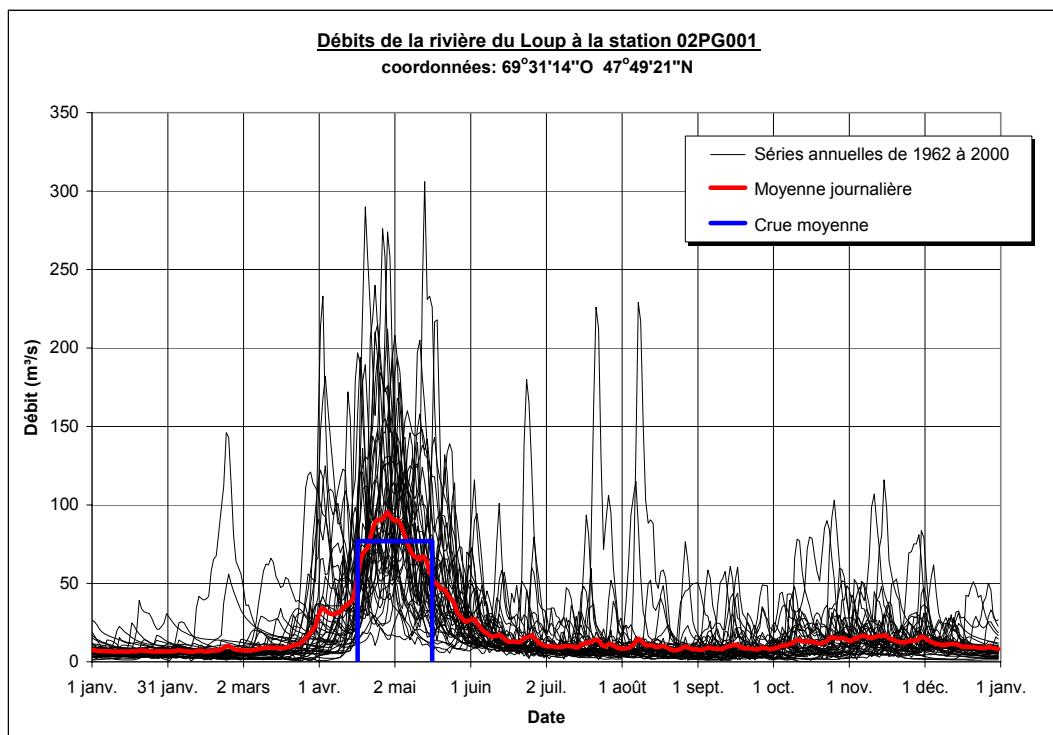


Figure 20 : Données de débits sur la rivière du Loup entre 1962 et 2000

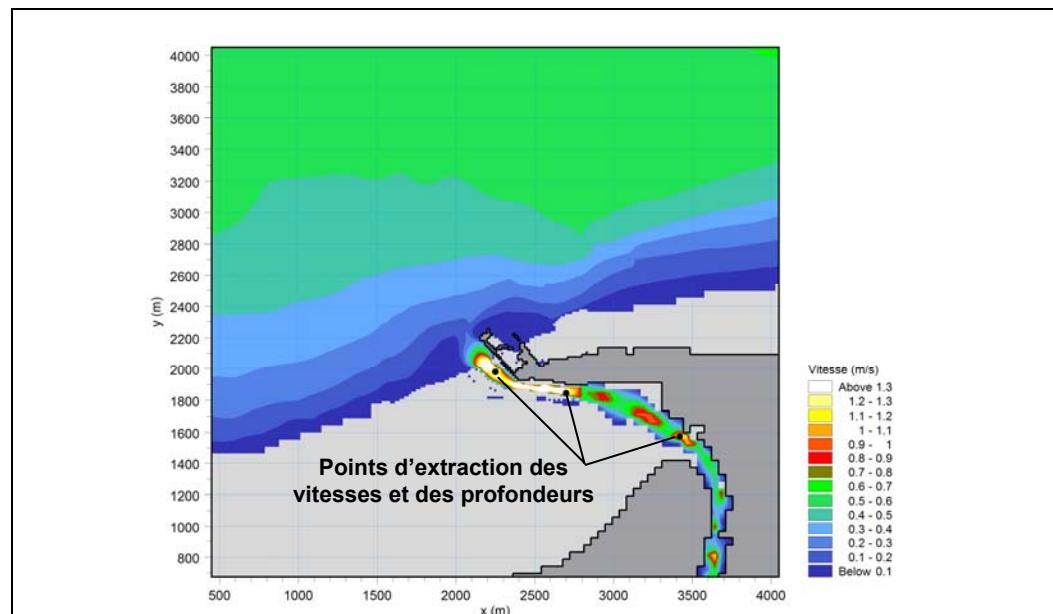


Figure 21 : Champ des courants – Marée de vive-eau et $Q = 76 \text{ m}^3/\text{s}$ – Basse mer

L'analyse précédente permet d'évaluer la capacité de transport de la rivière en crue, mais ne permet pas d'identifier la provenance exacte des sédiments grossiers retrouvés dans le delta de la rivière du Loup. En effet, la présence du barrage Fraser quelques kilomètres à l'amont de l'embouchure limite certainement l'apport en sédiments provenant de la rivière même. Des photos prises par la STQ le long des berges en amont de l'embouchure révèlent toutefois une dégradation nette des berges, avec du sable et des graviers sur la plage. Ces sédiments peuvent être transportés sous l'effet des courants littoraux et s'accumuler dans l'estuaire de la rivière, puis être emportés par celle-ci lors des marées de vive-eau et du passage de la crue. Une visite du site lors de la crue de printemps serait utile pour confirmer ces différentes hypothèses.

7.0 SOMMAIRE ET CONCLUSION

Dans le cadre du projet de reconstruction du quai du traversier de Rivière-du-Loup, le Groupe-Conseil LaSalle a été chargé de modéliser les conditions hydrosédimentologiques associées aux travaux de dragage des deux options de réaménagement de quai considérées par la Société des traversiers du Québec (STQ) :

- Option 1 : Réparation des ouvrages portuaires existants, avec allongement du quai du traversier actuel
- Option 2 : Construction d'un nouveau poste à quai au sud de l'ancien quai commercial

Pour chacune de ces options de réaménagement, les conditions hydrodynamiques, les panaches de dispersion et la stabilité des matériaux de dragage ont été évalués au site de mise en dépôt. L'étude des conditions hydrosédimentologiques du projet s'est appuyée sur les résultats de modélisation numérique des modèles MIKE 21 et STFATE, et sur l'analyse de nombreuses données de terrain : mesures de matières en suspension, granulométrie des fonds, relevés bathymétriques et campagne de courantométrie. Les principaux résultats de l'étude sont les suivants :

- La comparaison des vitesses prédites par le modèle et des mesures effectuées en juillet 2005 montre une bonne concordance entre les résultats de simulation et les données de terrain.
- La modélisation des panaches de dispersion associés aux travaux de dragage 2005 a permis de valider l'approche de modélisation choisie pour simuler le rejet des sédiments en eau libre. Les résultats obtenus en simulant le déversement des matériaux de dragage des options 1 et 2 montrent que les opérations de rejet ne créent pas de panache de dispersion continu. Pour les deux options de réaménagement, les matériaux déversés chutent plutôt en masse compacte dans la colonne d'eau. Suite à l'impact des matériaux sur le fond, une partie des sédiments est remise en suspension et participe à la formation d'un fluide dense sur le fond. Ce nuage se déplace avec les courants de marée, mais est rapidement redéposé. Malgré

la présence de particules très fines dans les sédiments dragués, il n'y pas d'étalement important sur la verticale. L'augmentation des matières en suspension au site de rejet demeure très localisée et les concentrations rejoignent rapidement celles du milieu ambiant.

- La stabilité des dépôts de dragage a été évaluée sur la base du régime des vagues et des courants du site, ainsi que par la comparaison des relevés bathymétriques des sites de mise en dépôt de 2005, 2006 et 2007. L'analyse de la stabilité des dépôts par calculs mène à une vaste gamme de temps d'érosion, principalement à cause du manque de connaissance lié à la consolidation et au tassement des matériaux fins. Les relevés bathymétriques des sites de mise en dépôt 2006 et 2007 montrent des traces évidentes de dépôt datant de 1998 et 1999, alors que la comparaison des relevés bathymétriques au fil du temps indique des pertes de volume. La bathymétrie à haute résolution du site de mise en dépôt révèle aussi la présence de formations sédimentaires sur les fonds, signes d'un transport sableux important résultant de l'action des courants. Il semble donc que le site de mise en dépôt de Rivière-du-Loup soit en partie dispersif. Cette conclusion s'applique aux deux options de réaménagement des quais.
- Sur la base des suivis de panaches effectués lors des déversements en eau libre, qui montre un retour sur une courte distance aux concentrations de MES ambiantes, le rayon de dispersion des matériaux de dragage remis en suspension suite à leur dépôt est jugé restreint au site immédiat du point de rejet.
- Le volume de dragage associé à l'option 1 de réaménagement a été estimé à partir des volumes de dragage en conditions actuelles, l'allongement futur du quai n'étant pas considéré comme pouvant modifier significativement les volumes actuels. Sur la base des volumes théoriques de dragage depuis 2002, le volume futur des dragages d'entretien de l'option 1 est évalué à environ 21 000 m³. Pour l'option 2, le volume de dragage d'entretien a été calculé à partir du taux annuel de sédimentation d'une tranchée témoin, creusée en 2002 dans l'aire de dragage de l'option 2. L'analyse des

bathymétries de cette tranchée, relevées entre 2002 et 2006, mène à un volume de dragage d'entretien d'environ 4 000 à 6 000 m³/année pour l'option 2.

- Le calcul de la capacité de transport de la rivière du Loup montre que les sédiments grossiers retrouvés dans l'aire de dragage de l'option 2 peuvent être transportés par la rivière en crue. La provenance de ces sédiments ne peut toutefois être déterminée avec certitude. Des photographies des berges au printemps montrant la présence de sédiments grossiers suggèrent que les sédiments sont probablement transportés par les courants littoraux devant l'embouchure de la rivière, puis emportés par le passage de la crue dans le delta de la rivière.

RÉFÉRENCES

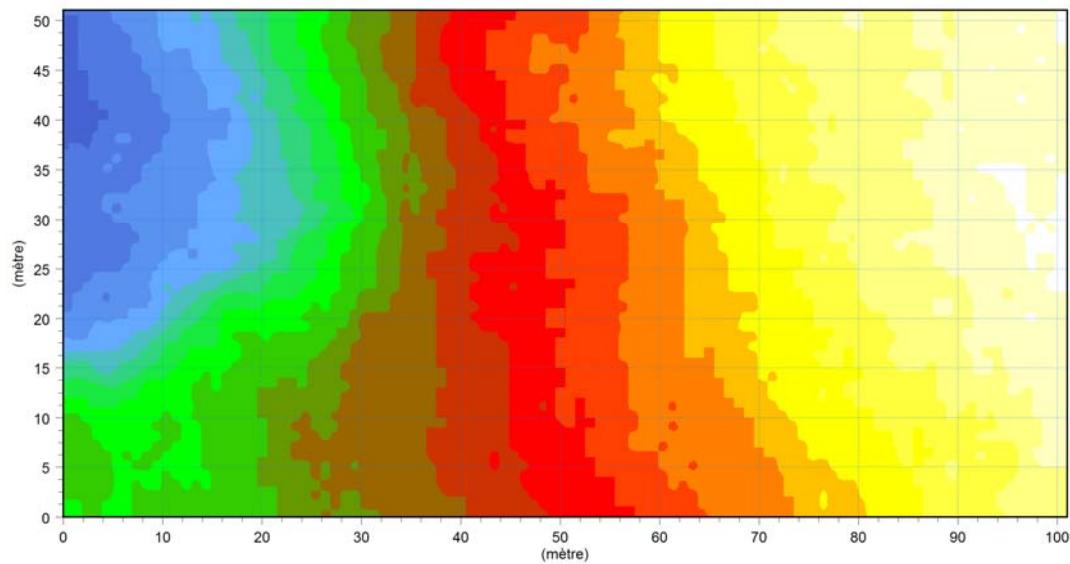
- [1] LONG, B. (2003). *Reconstruction du quai du traversier de Rivière-du-Loup – Caractérisation des conditions sédimentologique et hydrodynamique – Campagnes de mesures de l'automne 2001 et du printemps 2002.* Rapport préparé pour la coentreprise Tecsuit-LaSalle-Hamelin pour le compte de la Société des traversiers du Québec.
- [2] VILLENEUVE, M. (2004). *Reconstruction du quai de Rivière-du-Loup – Modélisation numérique des conditions hydrodynamiques.* Rapport préparé pour la coentreprise Tecsuit-LaSalle-Hamelin pour le compte de la Société des traversiers du Québec.
- [3] U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE) (1995). *Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the U.S. – Testing Manual (Inland Testing Manual).*
- [4] LAVALLÉE, D. ET DRAPEAU G. (1995). *Évaluation de la performance et des conditions d'utilisation du logiciel STFATE pour le site d'immersion en mer des sédiments de dragage de l'Anse-à-Beaufils, Baie des Chaleurs,* pour le ministère des Pêches et des Océans du Canada, Rapport de recherche INRS-Océanologie no.95-1, 154 pp.
- [5] INSPEC-SOL (2003). *Étude géotechnique - Réfection du quai de Rivière-du-Loup – Rivière-du-Loup, Qc.* Étude réalisée pour le consortium Tecsuit/LaSalle/Hamelin, 16665-Q-5792-2, juillet 2003.
- [6] MAGUIRE GROUP INC. (2004). *Buzzards Bay Disposal Site Analysis – Results from MDFATE and STFATE Simulations at two Proposed Buzzards Bay Disposal Sites.* Rapport préparé pour le Massachusetts Office of Coastal Zone Management.
- [7] MAGUIRE GROUP INC. (2004). *Buzzards Bay Disposal Site Analysis – Results from MDFATE and STFATE Simulations at two Proposed Buzzards Bay Disposal Sites.* Rapport préparé pour le Massachusetts Office of Coastal Zone Management.
- [8] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE) (2004). *Analysis of Dredged Material Transport Potential at two Disposal Alternatives in Rhode Island Region - Rhode Island Region Long-Term Dredged Material Disposal Site Evaluation Project.*

RÉFÉRENCES (suite)

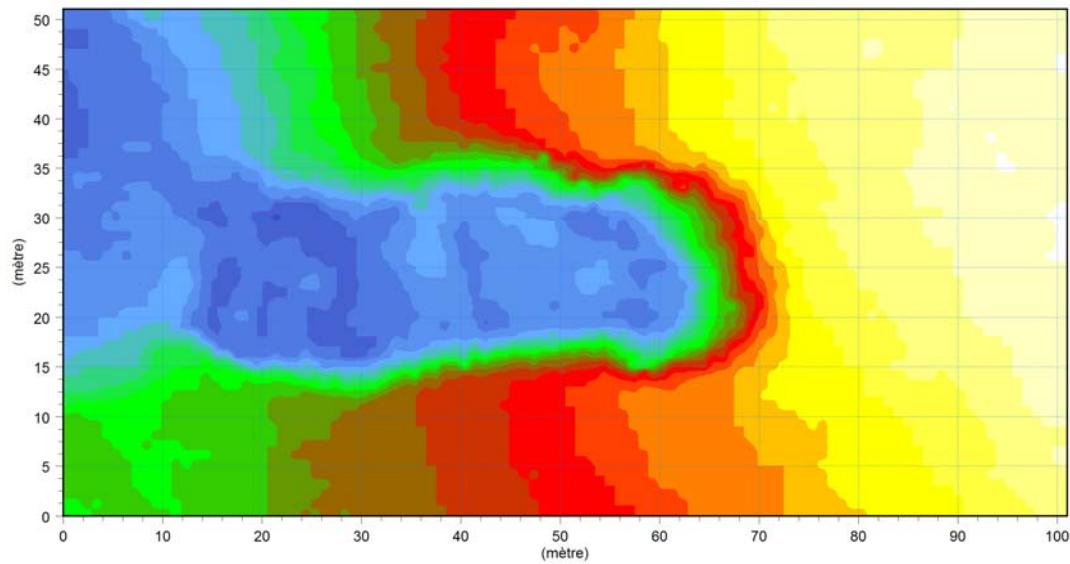
- [9] OUELLET, Y. (2004). *Quai du traversier de Rivière-du-Loup - Étude numérique d'agitation par les vagues relativement à la reconstruction du quai du traversier.* Rapport préparé pour la coentreprise Tecsuit-LaSalle-Hamelin pour le compte de la Société des traversiers du Québec. Rapport GCY-2004-07, mars 2004.
- [10] WHITEHOUSE, R., SOULSBY, R., ROBERTS, W. ET MITCHENER, E. (2000). *Dynamics of estuarine muds – A manual for practical applications.* Thomas Telford, London.
- [11] SOULSBY R.L. (1997). *Dynamics of marine sands. A manual for practical applications.* Thomas Telford, London.
- [12] MIGNIOT, C. (1991). *Études hydrosédimentologiques de la Baie de Rupert – Complexe N.B.R. – Avant-projet – Phase 1 – Bibliographie sur l'hydrodynamique sédimentaire.* Rapport préparé pour Hydro-Québec – Service hydraulique, octobre 1991.
- [13] DHI WATER & ENVIRONMENT (2005). *Mike 21 Flow Model – Mud Transport Module – User Guide.*



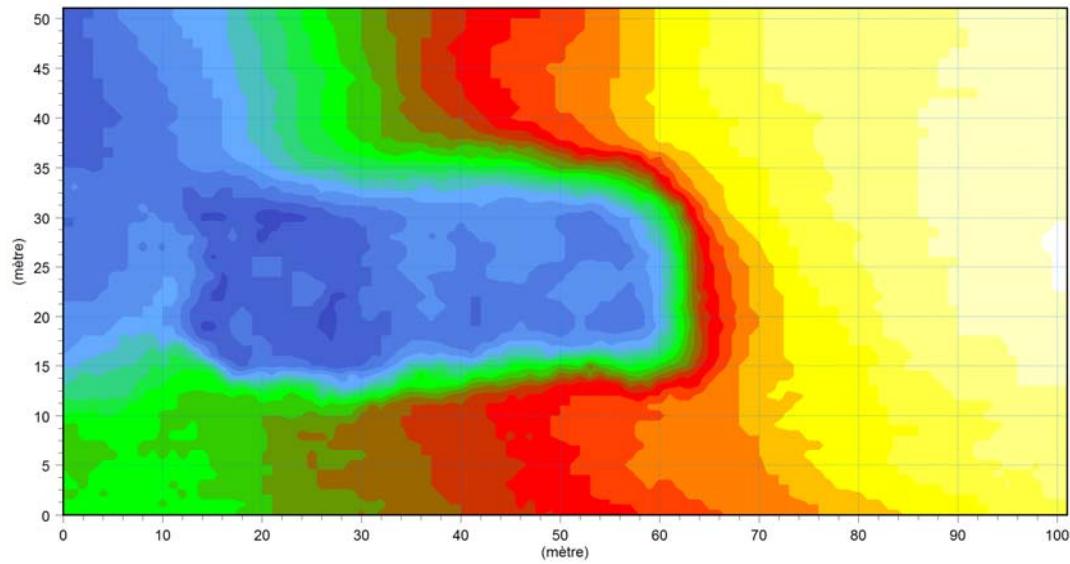
- ANNEXE A -
Relevés bathymétriques de la tranchée témoin



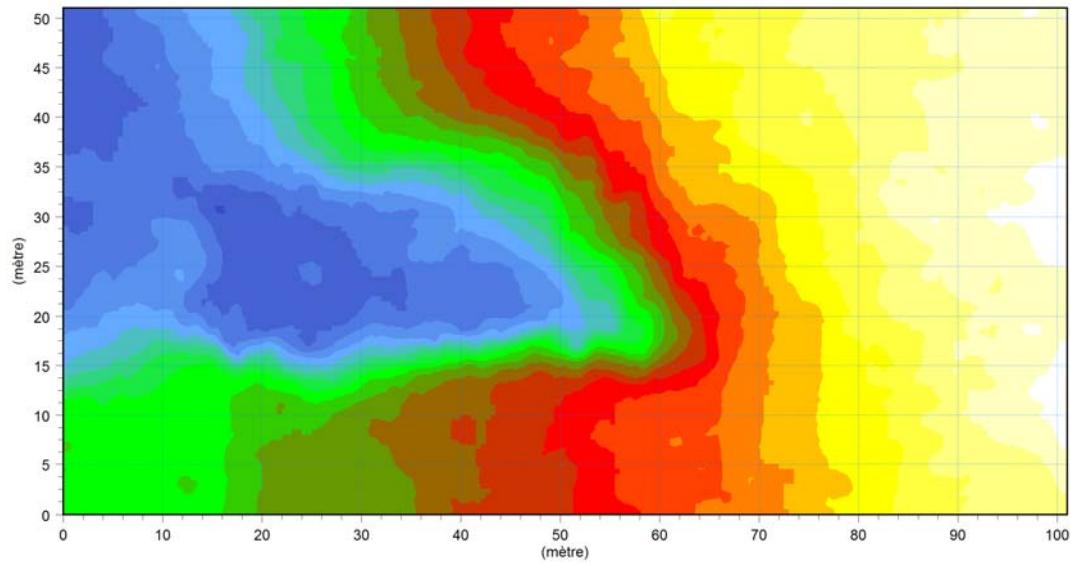
a) 10 juillet 2002 (avant le dragage)



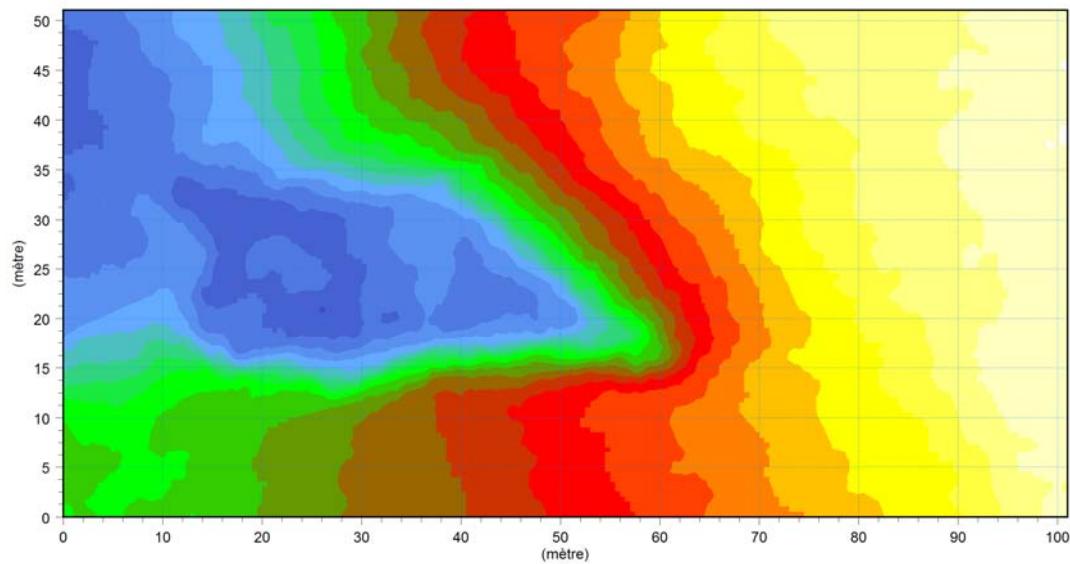
b) 14 juillet 2002 (suite au dragage de la tranchée)



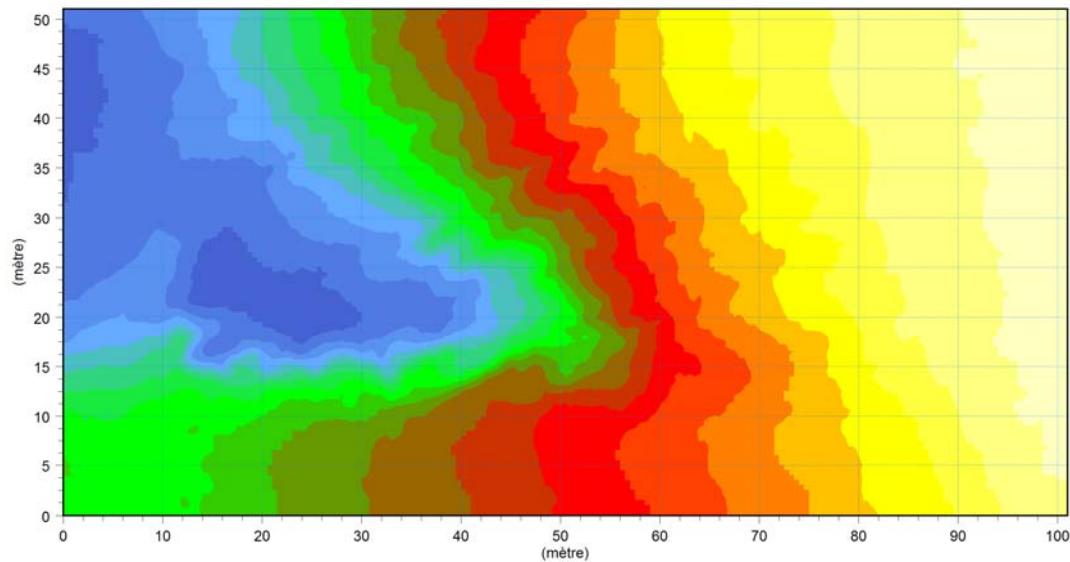
c) 16 novembre 2002



d) 17 avril 2003



e) 23 juin 2003



f) 12 juin 2004

