

De : Ouellet, Luc (ING-PEI) <Luc.Ouellet@ville.quebec.qc.ca>

Envoyé : 8 janvier 2021 09:23

À : Soucy, Amélie <Amelie.Soucy@bape.gouv.qc.ca>; St-Gelais, Annie <Annie.St-Gelais@bape.gouv.qc.ca>

Cc : Lessard, Daniel-b (ING-DIR) <Daniel-b.lessard@ville.quebec.qc.ca>; Laliberté, Guy (ING-RP) <guy.laliberte@ville.quebec.qc.ca>; Picard, Jérôme (PQM-FUH) <Jerome.picard@ville.quebec.qc.ca>; Baker, Alexandre (PAE-DD) <Alexandre.baker@ville.quebec.qc.ca>; Whittom, Wendy (COM-MARK) <wendy.whittom@ville.quebec.qc.ca>; Hamel, Suzanne (PAE-DD) <Suzanne.hamel@ville.quebec.qc.ca>; Émond, Chantal-a (ING-RP) <chantal-a.emond@ville.quebec.qc.ca>; Heppell, Mario <Mario.Heppell@stantec.com>; Chevrier, Martin <Martin.Chevrier@stantec.com>; Taha, Ammar <Ammar.Taha@stantec.com>; Noël, Stéphane (CPRI-PRI) <Stephane.noel2@ville.quebec.qc.ca>

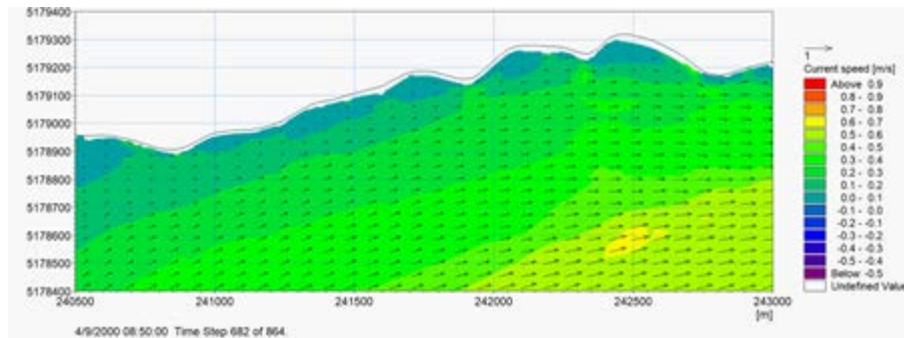
Objet : Re: RE : Suivi - Séances du 14 et 15 décembre

Bonjour Mme St-Gelais,

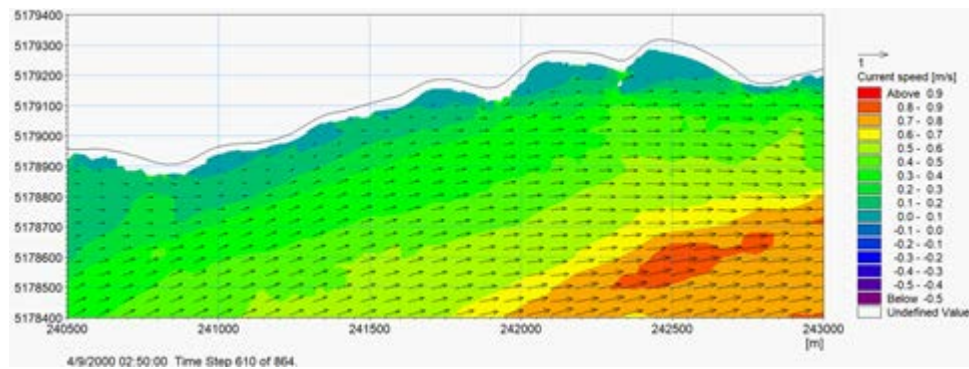
Lors de nos réponses à la première série de questions, que vous trouverez plus bas et que nous avons répondues le 18 décembre, à la première question nous avons indiqué que nous devons faire des analyses supplémentaires pour être en mesure d'y répondre. Le complément de réponse, à la suite de ces analyses supplémentaires, est le suivant :

Afin de répondre à la question et présenter correctement les conditions avec le débit avec un pas de temps « horaire » et montrer le renversement du courant de marée, Stantec a essayé, sans succès, d'obtenir les valeurs de débit avec un pas de temps horaire qui aurait montré ce renversement. Pour le moment, seules les données moyennes journalières sont disponibles.

Stantec a tout de même procédé à la réalisation des simulations en gardant le débit moyen journalier avec les marées à un pas de temps horaire et de suivre les résultats avec un pas de temps aux 5 minutes. Stantec a ainsi pu réaliser les simulations proposées (marée maximale et minimale, avec et sans épis). Les figures ci-dessous montrent un exemple des résultats obtenus, par exemple pour la marée maximum de l'année 2000 sans épi.



Vitesses maximales lors des marées montantes (Flots) – Sans épi



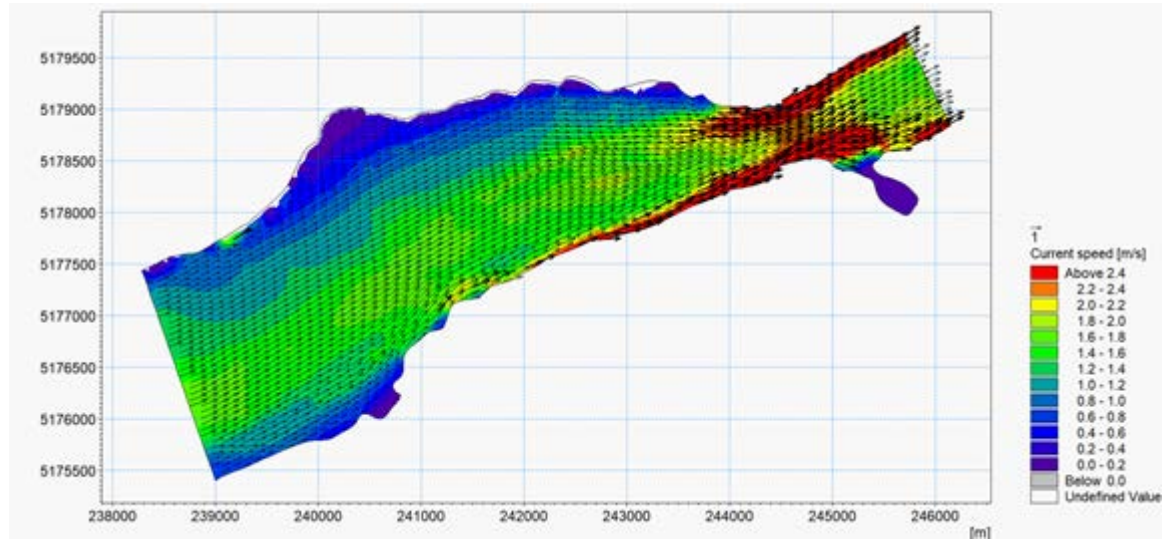
Vitesses maximales lors des marées descendantes (Jusants) – Sans épi

Ces simulations ont montré une diminution des vitesses lors de la marée montante, mais malheureusement pas jusqu'au point d'induire un inversement du courant de marée, soit de l'aval vers l'amont. À la lumière de ces résultats, il a été constaté qu'avec le modèle hydrodynamique (MIKE 21), il n'est pas possible de montrer l'inversement du courant à partir des données disponibles qui sont imposées comme condition frontière, soit un débit moyen journalier appliqué à la frontière amont du modèle. L'information sur le débit moyen journalier qui avait initialement été fournie par Environnement et Changements Climatiques Canada (Section Hydrologie et Écohydraulique) provient de la sommation journalière des débits du fleuve et des tributaires entre Montréal et Québec, et ne tient donc pas en compte l'inversement temporaire du courant lors du flot. Le débit moyen journalier permet ainsi de montrer seulement les conditions moyennes journalières, en les couplant avec la variation des niveaux des marées horaires et les vagues horaires, mais le débit moyen journalier reste toujours de l'amont vers l'aval.

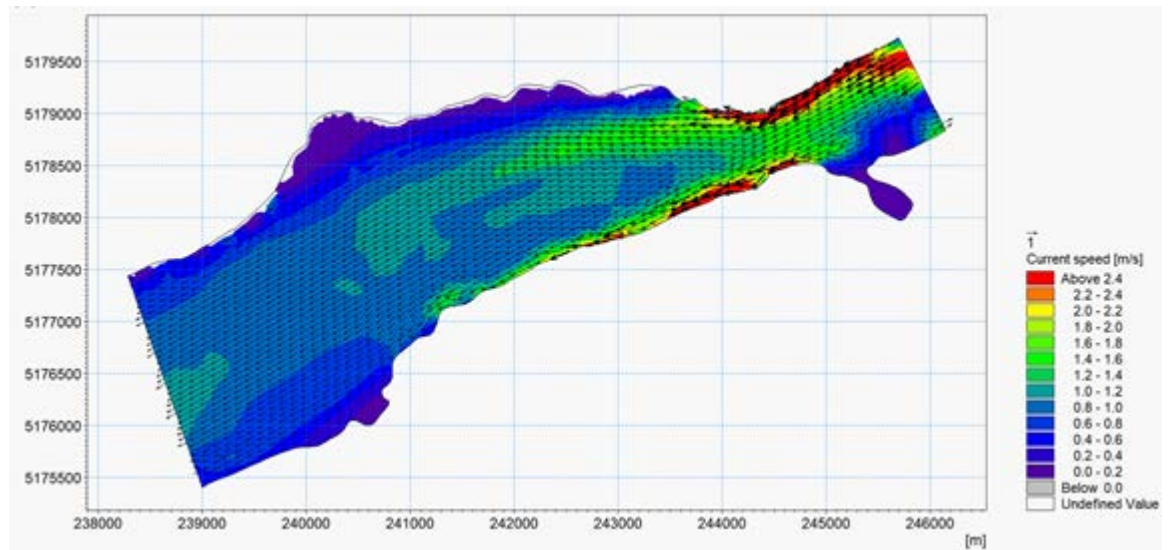
De plus, selon la thèse de doctorat de M. Pascal Matte, il faudrait que le modèle numérique s'étende assez loin en amont et en aval pour pouvoir présenter le phénomène d'inversement de courant de marée. ECCC utilise un modèle numérique qui s'étend de Trois-Rivières à Baie-Saint-Paul (plus de 200 km de distance). Ce modèle a été développé comme projet de doctorat afin d'étudier le phénomène des marées à une grande échelle, mais le modèle utilise des mailles relativement grandes pour montrer la variation des vitesses sur la plage du parc de la Plage-Jacques-Cartier. C'est la raison pour laquelle Stantec compare les résultats des deux modèles (ECCC et Mike21) en gardant à l'esprit que ce sont deux modèles qui utilisent deux méthodes distinctes et créées pour différents objectifs avec différentes hypothèses. L'exercice cherche donc à reproduire et comparer l'ordre de grandeur de nos résultats avec ceux obtenus par ECCC. Rappelons ici que le but du projet demeure de proposer une protection de talus raisonnable pour un secteur précis, soit la protection linéaire en enrochement végétalisé des talus et l'ajout de génie végétal. Les vitesses calculées par ECCC sont de l'ordre de 0.5 m/s (voir réponse à la question 19b de la réponse du 23 décembre 2020). Or, une telle vitesse ne constitue pas la condition la plus critique pour le dimensionnement de la protection de talus, puisque ce sont plutôt les vagues qui constituent le facteur déterminant et qui entraînent un plus gros dimensionnement de protection. Selon M. Matte (ECCC), les débits de marée sont généralement d'environ 40 000 m³/s autant vers l'amont que vers l'aval et, en marée de vives-eaux, atteignent des valeurs de l'ordre de 50 000 – 60 000 m³/s.

Dans ce contexte, et afin de répondre à la question et de présenter correctement le renversement du courant de marée, Stantec a donc dû constituer une journée de débit hypothétique en modélisant une variation de débit qui varie de +47 000 m³/s (jusant) à -30 000 m³/s (flot), avec une variation sinusoïdale de la marée. Ces débits horaires ont ainsi été combinés avec la marée du 9 avril 2000 (la plus haute marée de 2000), et avec les vents mesurés cette journée (les trois phénomènes « débits, marées et vagues » ont été pris en compte avec un pas de temps horaire). Cette simulation ne représente pas nécessairement le cas le plus extrême, mais vise plutôt à représenter un phénomène moyen qui correspond à une année moyenne (2000). Rappelons également ici que le but des simulations est d'obtenir des données ayant des ordres de grandeur avec des valeurs « acceptables » pour les vitesses du courant près des talus et sur la plage, et non pas de simuler avec précision le phénomène complexe des courants de marée se manifestant au droit du parc de la Plage-Jacques-Cartier.

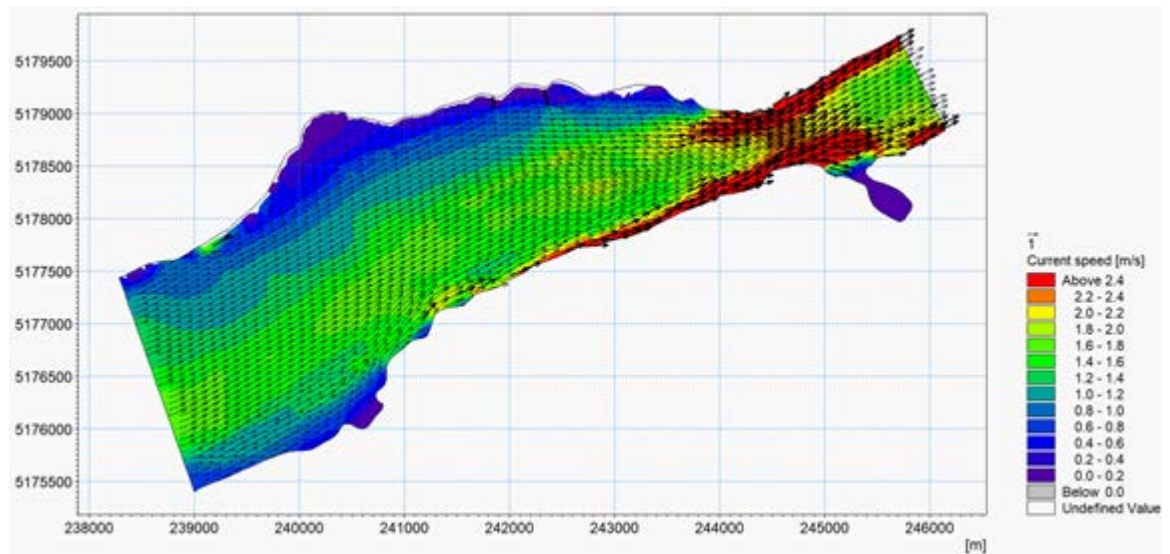
Les figures suivantes montrent les résultats de la simulation de cette journée avec des débits hypothétiques. Les moments où la vitesse maximale au flot et au jusant a été identifiée et est présentée sur les figures suivantes, avec et sans épis. Avec ces simulations, on remarque que les vitesses près de la plage sont au maximum de 0,5 m/s, soit le même ordre de grandeur que le modèle d'ECCC.



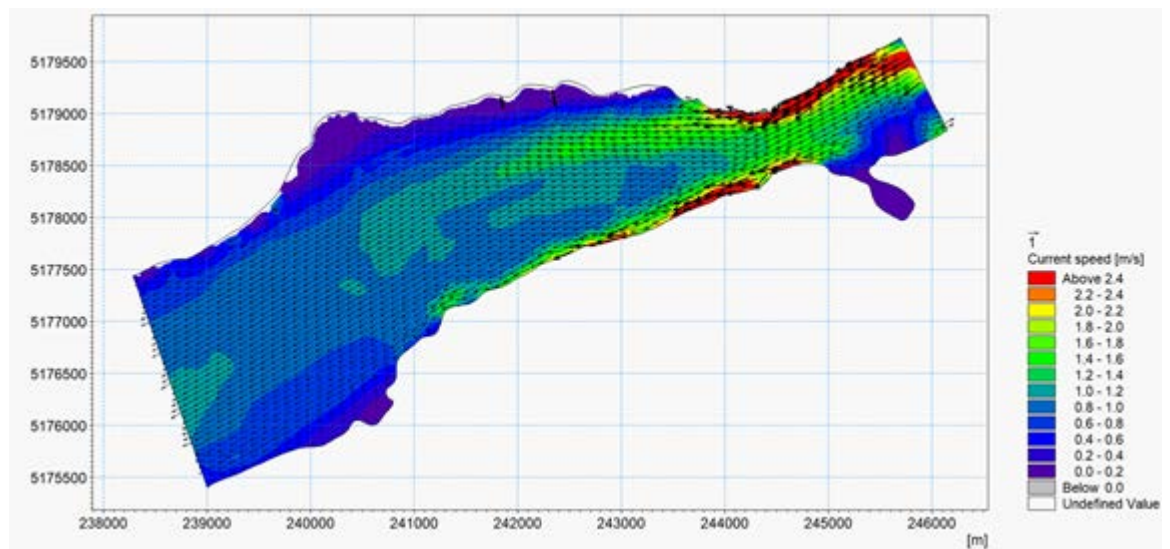
Vitesses maximales au jusant – Sans épis



Vitesses maximales au flot – Sans épis



Vitesses maximales au jusant – Avec épis



Vitesses maximales au flot – Avec épis

Il faut noter que cette étude ne cherche pas à simplifier un phénomène complexe dont la variabilité spatiale et temporelle fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques depuis plusieurs dizaines d'années, mais plutôt à avoir un ordre de grandeur réaliste pour les vitesses. L'objectif général est plutôt de présenter une solution stable et raisonnable pour la protection des berges du parc de la Plage-

Jacques-Cartier en sachant que l'érosion des berges est causée principalement par les vagues et non pas, par les vitesses de courants des marées.

Pour le 2^e volet de la question, Stantec rappelle que, dans la réponse fournie le 18 décembre 2020, les informations sur les caractéristiques du modèle ont déjà été transmises.

Liste de références :

- *Matte, Pascal (2014). Modélisation hydrodynamique de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent. Thèse. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Doctorat en sciences de l'eau*
- *Matte et al., Temporal and spatial variability of tidal-fluvial dynamics in the St. Lawrence fluvial estuary: An application of nonstationary tidal harmonic analysis, AGU publication 2014*
- *Matte et al., Hydrodynamic Modeling of the St. Lawrence Fluvial Estuary. I: Model Setup, Calibration, and Validation, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 2017*
- *Matte et al., Hydrodynamic Modeling of the St. Lawrence Fluvial Estuary. II: Reproduction of Spatial and Temporal Patterns, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 2017*

Bonne journée

Luc Ouellet, ing. MBA

Chef d'équipe - Ingénieur

Division de la réalisation des projets d'états

Ville de Québec

Service de l'ingénierie

2000, boulevard Lebourgneuf, 2^e étage

Québec (Québec) G2K 0B8

Téléphone : 418 641-6411, poste 5040

Télécopieur : 418 641-6442

Courriel : luc.ouellet@ville.quebec.qc.ca

<http://www.ville.quebec.qc.ca>