

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - STABILISATION DES BERGES DE LA PLAGE
JACQUES-CARTIER

Annexe F **NOTE TECHNIQUE HYDRAULIQUE (STANTEC,
DÉCEMBRE 2019)**





Simulations additionnelles pour l'étude hydraulique, modélisation 2D et solution technique pour les berges de la plage Jacques-Cartier

Décembre 2019
Projet : 167040090



**Simulations additionnelles pour
l'étude hydraulique, modélisation
2D et solution technique pour les
berges de la plage Jacques-
Cartier**

Rapport final révisé

Préparé pour :

Ville de Québec

Préparé par :

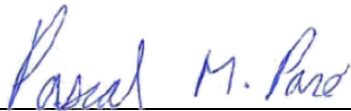
Stantec Experts-conseils Itée

167040090-600-EN-R-0001-1


4 décembre 2019

Registre d'approbation

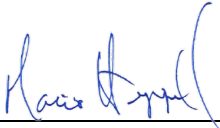
Le présent document, intitulé *Simulations additionnelles pour l'étude hydraulique, modélisation 2D et solution technique pour les berges de la plage Jacques-Cartier*, a été préparé par Stantec Experts-conseils ltée (« Stantec ») pour le compte de la Ville de Québec (le « Client »). Toute utilisation de ce document par une tierce partie est strictement défendue. Le contenu de ce document illustre le jugement professionnel de Stantec à la lumière de la portée, de l'échéancier et d'autres facteurs limitatifs énoncés dans le document ainsi que dans le contrat entre Stantec et le Client. Les opinions exprimées dans ce document sont fondées sur les conditions et les renseignements qui existaient au moment de sa préparation et ne sauraient tenir compte des changements subséquents. Dans la préparation de ce document, Stantec n'a pas vérifié les renseignements fournis par d'autres. Toute utilisation de ce document par un tiers engage la responsabilité de ce dernier. Ce tiers reconnaît que Stantec ne pourra être tenue responsable des coûts ou des dommages, peu importe leur nature, le cas échéant, engagés ou subis par ce tiers ou par tout autre tiers en raison des décisions ou des mesures prises en fonction de ce document.

Préparé par 
(signature)

Pascal Morrisette-Paré, ing., M. Ing.

Préparé et vérifié par 
(signature)

Ammar Taha, ing., Ph. D.

Vérifié par 
(signature)

Mario Heppell, biol.-aménagiste, M. ATDR

Révision	Description	Auteurs		Vérification qualité		Revue indépendante	
A	Préliminaire	PMP/AT	2019-11-15	AT	2019-11-18	MH	2019-11-18
0	Final	AT	2019-11-29	AT	2019-11-29	MH	2019-11-29
1	Final révisé	AT	2019-12-04	AT	2019-12-04	MH	2019-12-04



Registre d'approbation

Table des matières

1.0	INTRODUCTION.....	1
2.0	MODÉLISATION NUMÉRIQUE.....	2
2.1	SIMULATION D'UNE ANNÉE REPRÉSENTATIVE.....	2
2.2	SCÉNARIOS ÉTUDIÉS	5
2.3	IDENTIFICATIONS DES POINTS DE CONTRÔLE.....	5
3.0	RÉSULTATS DES VITESSES D'ÉCOULEMENT	7
3.1	VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1	7
3.2	VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2	10
3.3	VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2	13
4.0	RÉSULTATS DES HAUTEURS DE VAGUES	16
4.1	HAUTEUR DE VAGUES SUIVANT LA DIRECTION DES VENTS	16
4.2	HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1	19
4.3	HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2	23
4.4	HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2	27
5.0	RÉSULTATS SÉDIMENTATION ET ÉROSION.....	31
5.1	COMPARAISON SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1	31
5.2	COMPARAISON SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2	31
5.3	COMPARAISON SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2	31
5.4	SÉDIMENTATION OU ÉROSION – SYNTHÈSE	35
6.0	RÉSULTATS DES NIVEAUX D'EAU	38
7.0	CONCLUSIONS.....	42
7.1	PERTINENCE DES ÉPIS	42
7.2	HAUTEUR DES ÉPIS	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1	Concentrations mensuelles des matières en suspension	3
Tableau 5-1	Balance annuelle érosion (-) et déposition (+).....	37
Tableau 6-1	Simulation de l'année 2000, niveaux maximums d'eau (m)	38

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1	Données d'entrées au modèle numérique.....	4
Figure 2-2	Localisation des points de contrôle (NS), des tronçons et des épis	6
Figure 3-1	Vitesses d'écoulement, Comparaison des Scénarios 1 et 2	8
Figure 3-2	Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1	9
Figure 3-3	Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2	11
Figure 3-4	Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2	12
Figure 3-5	Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2	14
Figure 3-6	Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2	15



Registre d'approbation

Figure 4-1	Hauteur de vagues - Comparaison des vagues significatives pour Scénario 1	17
Figure 4-2	Hauteur de vagues, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1	20
Figure 4-3	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénarios 2 et 1 (vent de l'ouest-sud-ouest)	21
Figure 4-4	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1 (vent de l'est-nord-est)	22
Figure 4-5	Hauteur de vagues, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2	24
Figure 4-6	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2 (vent de l'ouest-sud-ouest)	25
Figure 4-7	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2 (vent de l'est-nord-est)	26
Figure 4-8	Hauteur de vagues, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2	28
Figure 4-9	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2 (vent de l'ouest-sud-ouest)	29
Figure 4-10	Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2 (vent de l'est-nord-est)	30
Figure 5-1	Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1	32
Figure 5-2	Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2	33
Figure 5-3	Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2	34
Figure 5-4	Comparaison de la balance érosion/sédimentation pour l'année standard	36
Figure 6-1	Niveau d'eau – Comparaison Scénario 2 et Scénario 1	39
Figure 6-2	Niveau d'eau – Comparaison Scénario 3 et Scénario 2	40
Figure 6-3	Niveau d'eau – Comparaison du Scénario 4 et Scénario 2	41



1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de stabilisation des berges de la plage Jacques-Cartier, Stantec a été mandatée pour réaliser une étude de stabilisation des berges de la plage Jacques-Cartier (Étude d'impact PSP150140). Le projet inclut l'analyse du comportement hydraulique et sédimentaire du fleuve Saint-Laurent dans la zone de la plage Jacques-Cartier à Québec en tenant compte à la fois de la vitesse d'écoulement, de la hauteur des vagues, et des impacts de ces dernières et des marées sur la plage et les berges ainsi que de la charge sédimentaire. Une modélisation 2D du fleuve Saint-Laurent de la zone à l'étude a été réalisée à l'aide des modèles HEC-RAS et MIKE-21 et une solution technique a été proposée pour la stabilisation des berges. À la suite des simulations bidirectionnelles présentées dans le rapport précédent : *Étude hydraulique, modélisation 2D et solution technique pour les berges de la plage Jacques-Cartier* (Stantec 2019), le MELCC a émis des questions et des commentaires sur les résultats obtenus, et il s'est avéré que des simulations supplémentaires étaient requises pour répondre à ceux-ci.

Il est à noter que ce rapport présente les simulations d'une année moyenne (2000) dont les résultats sont pertinents en termes d'érosion et de déposition moyenne, ce qui aidera à mieux comprendre le comportement hydrosédimentaire existant et futur. Cependant, le rapport précédent (Stantec 2019), qui traite les conditions extrêmes, représente mieux l'impact des conditions hydrodynamiques sur les berges.



2.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

Le logiciel MIKE-21 a été utilisé dans le cadre de la présente étude hydraulique. Il a été couplé aux modules : Hydrodynamique (HD), Vagues Spectral (SW) and Transport des Sédiments (MT).

Ce logiciel en deux dimensions (2D) permet de réaliser une analyse des courants causés par l'écoulement du fleuve et les variations de la marée. Il permet également le calcul des hauteurs de vagues et une évaluation du changement de transport et déposition des sédiments causée par les effets climato-hydrographiques avec l'impact des nouvelles structures, soit la construction de deux épis (A à l'ouest et B à l'est) dans le cas présent. À partir des résultats des modélisations, la recharge de plage a été examinée en tenant compte des conditions locales par rapport aux phénomènes d'érosion et de sédimentation. Ainsi, les secteurs présentant un potentiel d'érosion sont les zones les plus susceptibles de présenter des pertes substantielles et donc, de nécessiter des interventions de recharge plus fréquentes. À l'opposé, les secteurs affichant un potentiel de déposition constituent des zones qui demandent moins d'intervention au moyen de recharge. Il est à noter cependant que la présence anticipée de ces recharges n'a pas été considérée dans ces modélisations, car nous considérons que l'impact de cette recharge est négligeable sur l'érosion des berges tandis que le phénomène érosion/sédimentation est en changement continu sur la plage et devrait faire l'objet d'un suivi.

2.1 SIMULATION D'UNE ANNÉE REPRÉSENTATIVE

Afin de démontrer le comportement hydraulique et sédimentaire en dehors des phénomènes extrêmes (écoulement, vent et marée), des simulations ont été réalisées sur une année complète et représentative des phénomènes moyens, appelée par ailleurs « année standard ». La première étape consistait à choisir cette année standard. Tel que démontré dans l'étude précédente, l'érosion est principalement causée par les vagues et marées. En effet, le débit du fleuve ou la vitesse d'écoulement ne sont pas les causes principales de l'érosion. Ainsi, l'analyse de l'année représentative a été basée sur les facteurs principaux de l'érosion, soit les niveaux d'eau (marées) et les vents (vagues).

Les années disponibles pour les niveaux d'eau à la station Neuville 3280 du Service hydrographique canadien sont 1961 à 2017. Les années disponibles pour les vents sont 1953 à 2017 à la station météorologique Québec Intl A d'Environnement Canada.

L'année standard est celle qui représente la somme de la plus petite somme des écarts absolus entre les données de l'année elle-même et la moyenne journalière des débits, de la vitesse des vents et de la hauteur des marées hautes, « c.-à-d. pour le 1^{er} janvier, la moyenne de marée haute entre 1961 et 2017 est 4,33 m (géodésique) ».

Il a été observé que certaines années présentent des données manquantes de niveau d'eau. Ainsi, bien que, pour de nombreuses années les séries de données sont complètes, certaines années ont des lacunes correspondant à plusieurs jours manquants. Aussi, il a été choisi de ne pas considérer les années où plus de 24 h sont manquantes. À la suite de cette analyse, les trois années qui ont les plus petites valeurs des sommes des écarts au carré (débit, vents et marée) sont les années 2000, 1994 et 2004. L'année 2000 a



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

ainsi été retenue, car elle présentait la plus petite somme des écarts au carré. Pour l'année 2000, le vent maximal enregistré était de 20,6 m/s (74,2 km/h), avec une vitesse moyenne de 3,97 m/s tandis que le niveau de la marée a varié entre -1,52 m et 4,23 m géodésiques, avec une moyenne de 1,06 m.

Le débit journalier pour l'année 2000 a été obtenu par courriel de la part d'Environnement Canada. Ces débits ont été calculés (Environnement Canada) en faisant la sommation des débits du Fleuve et des tributaires entre Montréal et Québec. Pour l'année 2000, le débit a varié entre 8 670 et 21 330 m³/s, avec un débit moyen de 11 613,4 m³/s.

La concentration des matières en suspension (MES) correspond à la moyenne mensuelle qui a été calculée entre les années 1998 et 2018. Le tableau présente la concentration pour chaque mois.

Tableau 2-1 Concentrations mensuelles des matières en suspension

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Concentration moyenne 1998-2018 (mg/L)	6,9	3,6	4,6	23,8	15,6	11,8	11,0	6,8	6,5	8,6	18,1	12,8

La composition utilisée de ces MES est la suivante :

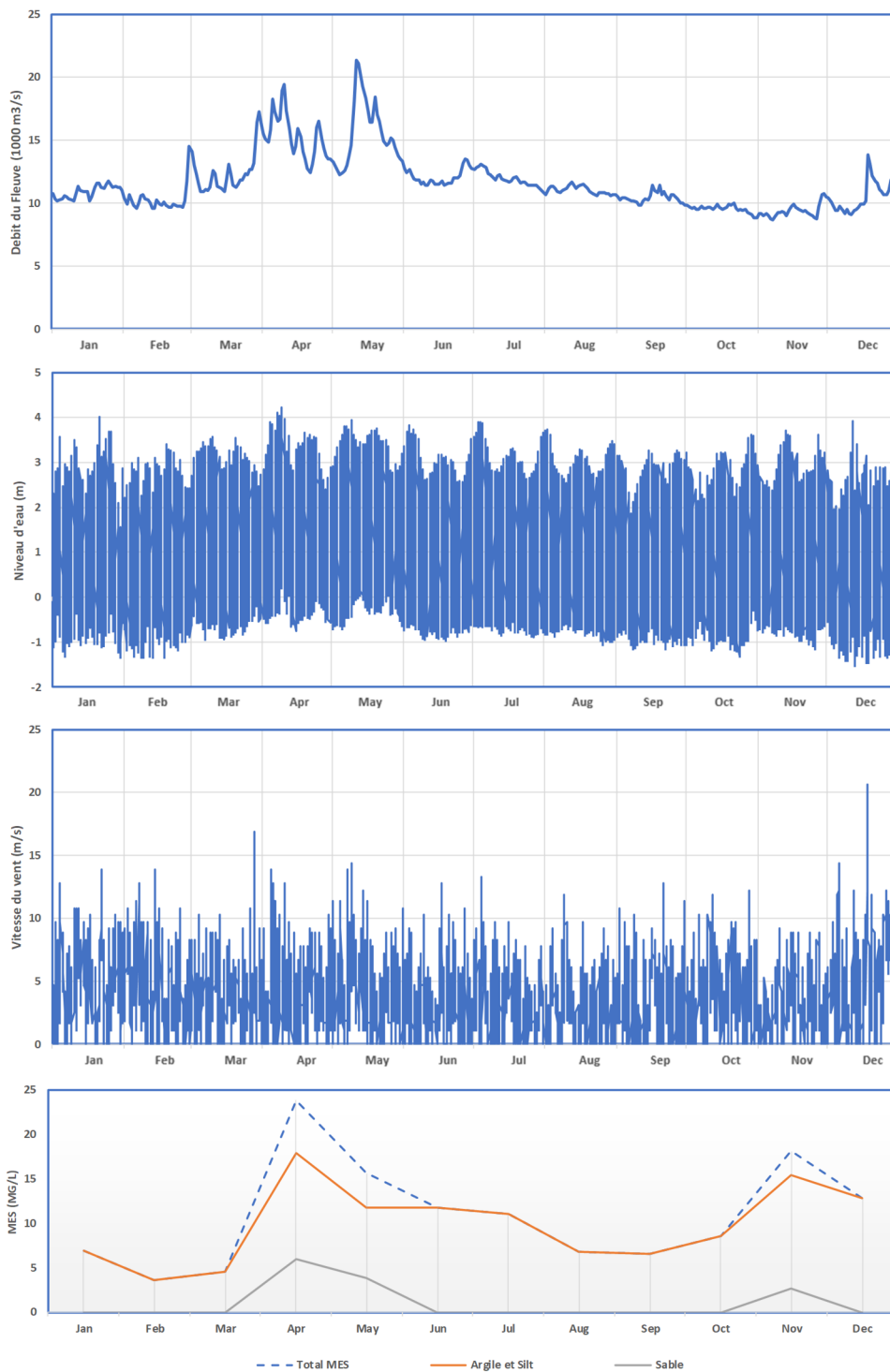
- Avril et mai : 40 % argile, 35 % silt et 25 % sable
- Novembre : 45 % argile, 40 % silt et 15 % sable
- Tous les autres mois : 50 % argile et 50 % silt

En résumé, les intrants du modèle correspondent aux vents horaires (24 valeurs horaires de direction et vitesse par jour), au niveau d'eau (24 valeurs horaires par jour), au débit journalier (une valeur moyenne par jour), la concentration et la composition de sédiment (une valeur moyenne par mois). La figure suivante présente sommairement ces intrants.



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 2-1 Données d'entrées au modèle numérique



2.2 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

L'année représentative (année 2000) a été utilisée pour toutes les simulations des différents scénarios. Il a été choisi de simuler un total de cinq scénarios afin de comparer les impacts de différentes options d'épis. Le 5^e scénario doit plutôt permettre de juger des impacts potentiels d'un événement ponctuel de tempête maritime. Les cinq scénarios sont les suivants :

1. État actuel sans épis
2. État actuel avec épis à l'élévation 3,32 m
3. État actuel avec épis à l'élévation 2,00 m
4. État actuel avec épis à l'élévation 4,51 m
5. États de tempêtes avec les trois hauteurs d'épis.

Les résultats obtenus par le logiciel pour les quatre premiers concernent la vitesse d'écoulement, la hauteur des vagues, la variation dans le niveau du fond (érosion et dépôt de sédimentation) ainsi que le niveau d'eau. Pour le 5^e scénario, ces résultats portent plus spécifiquement sur la hauteur de vagues et la variation du niveau du fond. Il s'agit d'évaluer les impacts potentiels sur les berges, en présence des épis, d'une forte tempête des directions est et ouest.

Afin de mieux présenter les résultats, il a été choisi de comparer les simulations (scénarios) pour chacune des variables (vitesse d'écoulement, hauteur de vague, érosion/sédimentation, niveau d'eau). Pour chaque variable (type de résultats), les scénarios ont été comparés.

2.3 IDENTIFICATIONS DES POINTS DE CONTRÔLE

Afin de comparer quantitativement les scénarios, cinq points de contrôle (NS-1 à NS-5) ont été choisis dans le secteur de la plage Jacques-Cartier et sont présentés sur la figure suivante.

Les points PT-1 à PT-7b correspondent aux endroits où des échantillons de sédiments avaient été prélevés, soit sur la plage près de la berge, mais ces derniers ne constituent pas des points de contrôle.



Figure 2-2 Localisation des points de contrôle (NS), des tronçons et des épis



3.0 RÉSULTATS DES VITESSES D'ÉCOULEMENT

Les figures présentées dans cette section sont les vitesses d'écoulement lors de la pointe de débit annuel ($21\,330\text{ m}^3$), soit le 11 mai 2000.

Les graphiques présentés montrent la variation annuelle de l'an 2000 des vitesses d'écoulement aux points de contrôle (NS-1 à NS-5).

3.1 VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1

La figure 3-1 montre que, pour les points de contrôle NS-1 et NS-2, les épis n'ont pas d'impacts significatifs sur l'écoulement de l'eau en termes de vitesses et de directions. Les vitesses sont diminuées légèrement au NS-3 (tronçon 6) par la mise en place des épis et les écoulements du nord-est et sont davantage atténuées. Les vitesses provenant de l'est au NS-4 (tronçon 6) sont aussi diminuées, de façon plus marquée par la mise en place des épis (de $0,15\text{ m/s}$ sans épis à $0,05\text{ m/s}$ avec épis). Les vitesses au NS-5 (tronçon 7) sont légèrement augmentées par la mise en place des épis, mais restent aussi dans l'ordre de grandeur de $0,05\text{ m/s}$ à $0,1\text{ m/s}$. À cet endroit, des vitesses dans le sens opposé du courant sont observées (effet tournant [gyre] derrière l'épi B).

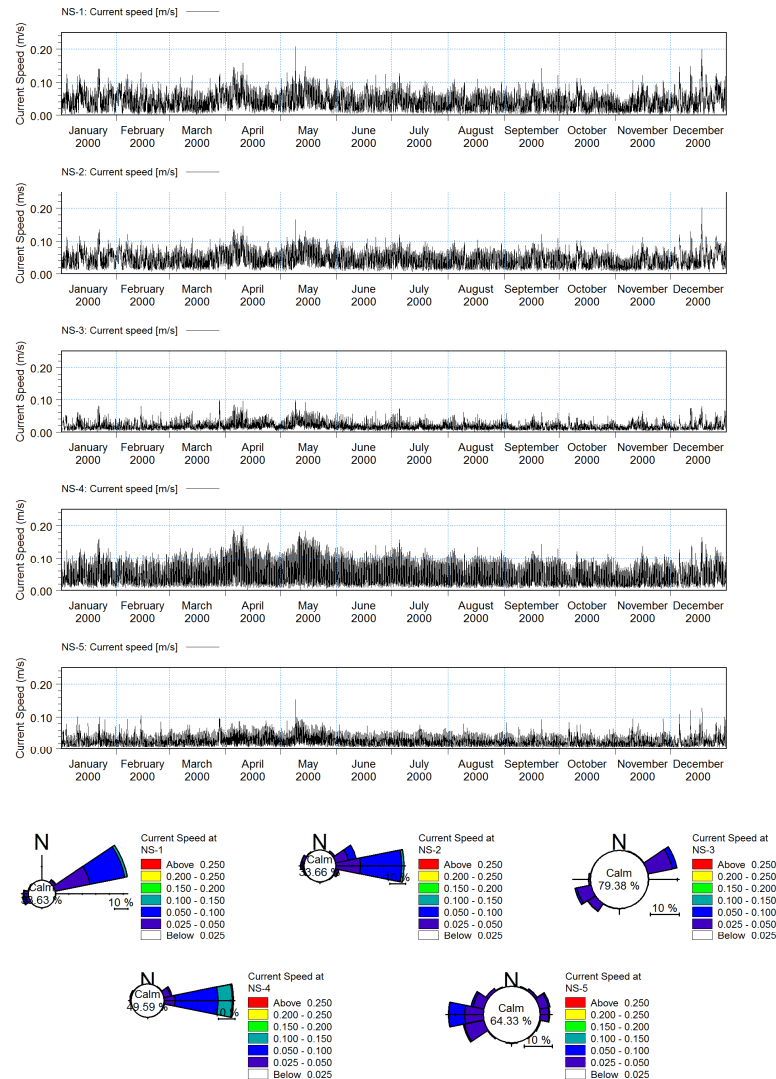
À l'état existant sans épis, on remarque que les vitesses sont grandes au droit des estrans rocheux où seront implantés les épis (figure 3-2). La mise en place des épis diminue les vitesses autour des épis, mais crée une augmentation des vitesses à la pointe de l'épi B, au large, ce qui n'est pas problématique pour la plage. On remarque aussi un écoulement tournant derrière l'épi B, soit au tronçon 7, ce qui pourrait causer une accumulation de débris flottant devant le tronçon 7. À cet endroit de l'écoulement inversé, la mise en place des épis a augmenté l'étendue de la zone de faible vitesse (autour de 0 m/s). La mise en place des épis augmente significativement la zone de vitesse presque nulle (0 m/s), mais n'a pas d'impact sur l'écoulement au large (centre du fleuve).



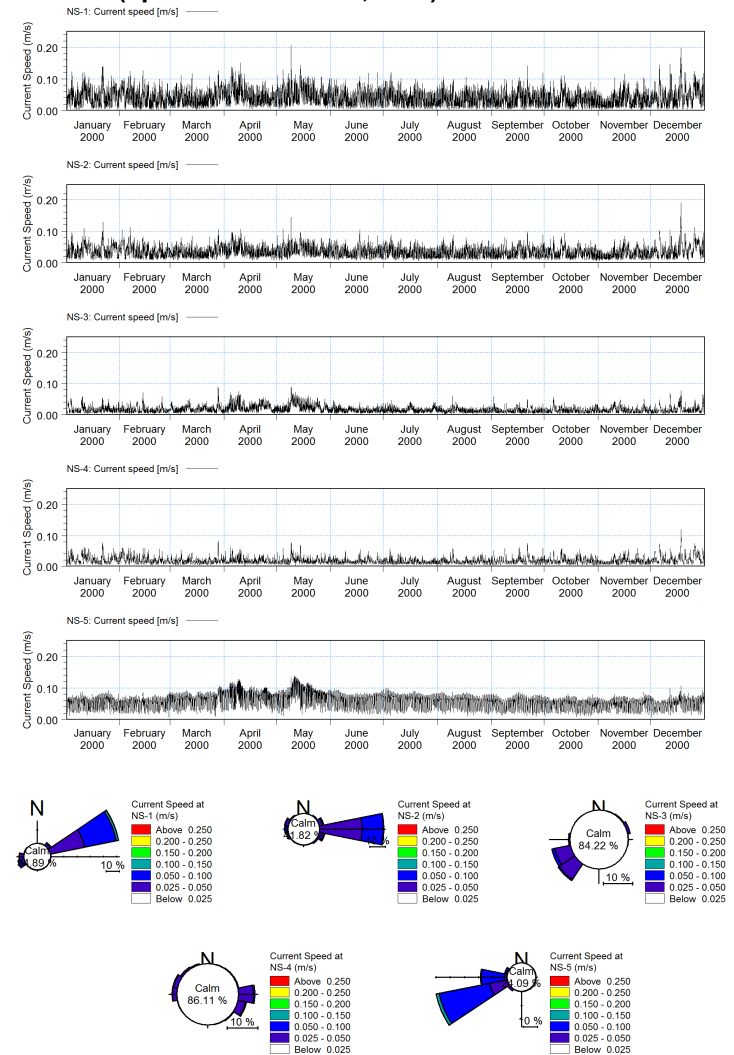
SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 3-1 Vitesses d'écoulement, Comparaison des Scénarios 1 et 2

Scénario 1 (sans épi)

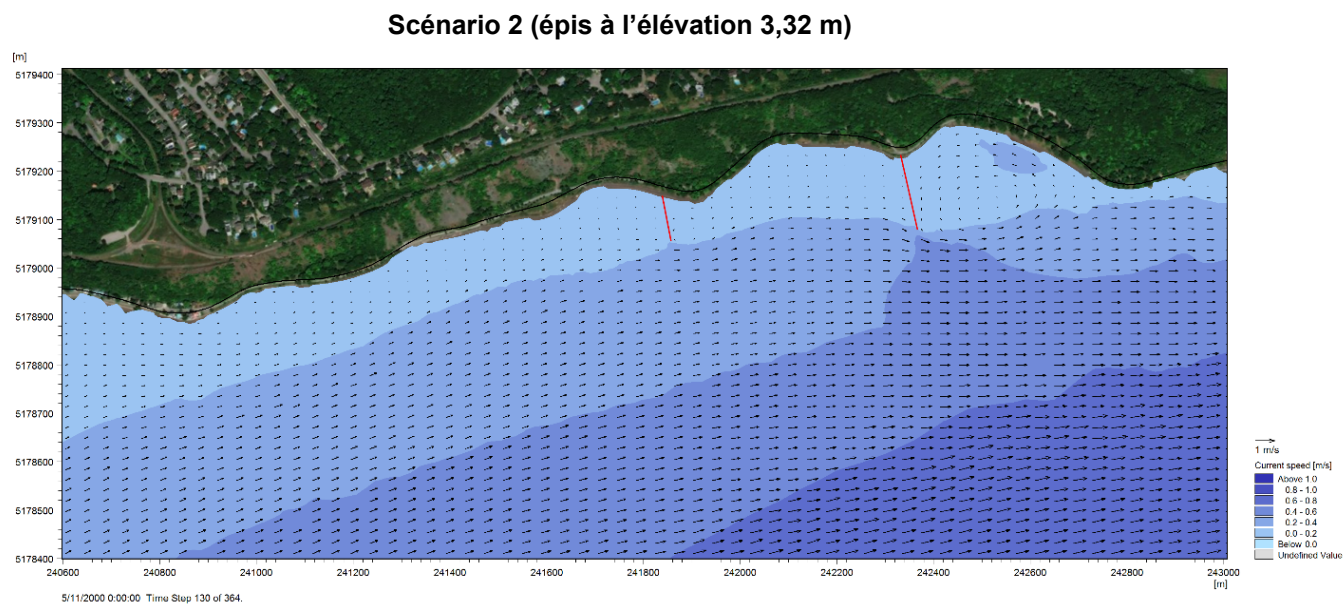
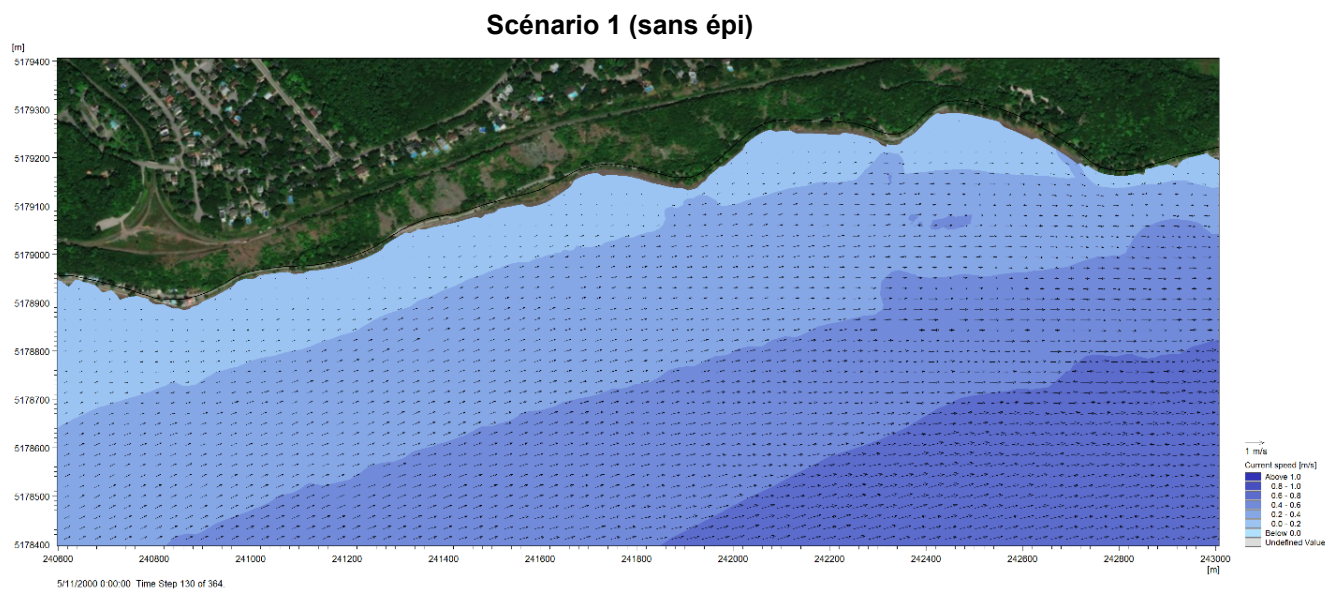


Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 3-2 Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1



(vitesses lors de la pointe de débit annuel [21 330 m³] le 11 mai 2000)



3.2 VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2

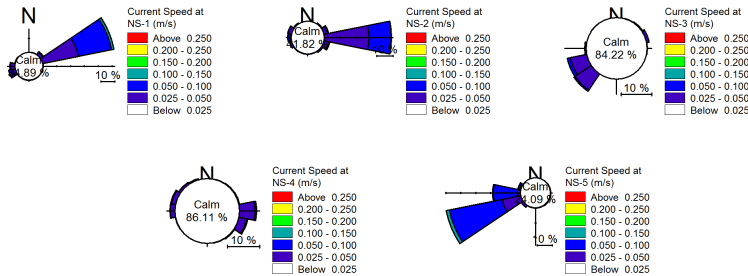
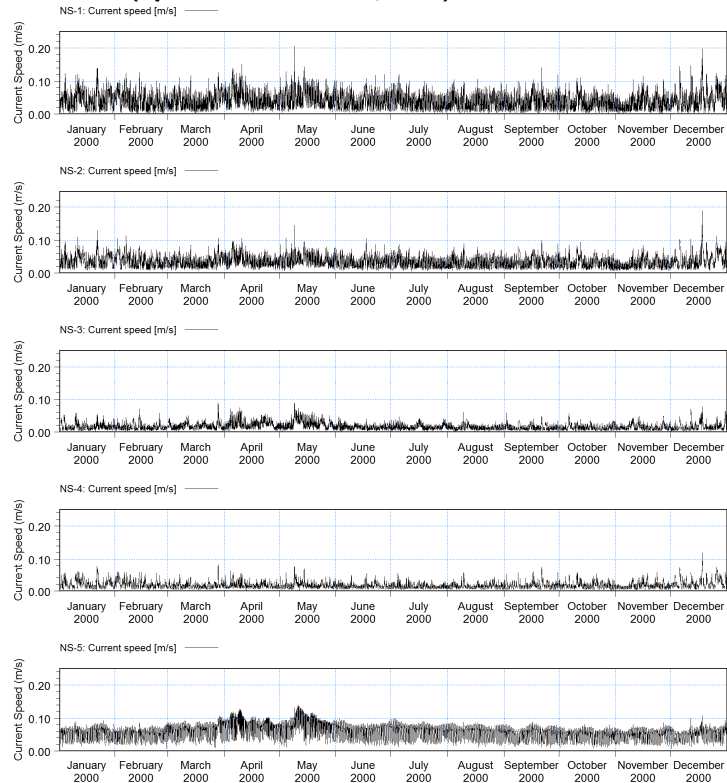
La figure 3-3 montre que les vitesses d'écoulement dans les deux scénarios 3 et 2 (épis avec la crête à l'élévation 2,00 m et épis avec l'élévation de la crête à l'élévation 3,32 m) sont semblables. La figure 3-4 montre aussi que les vitesses d'écoulement dans les deux scénarios avec épis sont semblables, à l'exception de la zone devant le tronçon 7 où les vitesses du scénario 3 (épis à l'élévation 2,00 m) sont légèrement inférieures aux vitesses du scénario 2 (épi à l'élévation 3,32 m) avec une différence de l'ordre de 0,05 m/s. L'impact des épis sur les vitesses est négligeable. Il est à noter que la simulation effectuée correspond à une année moyenne ou l'effet des épis 3,32 et 2 m sur les vitesses d'écoulement peut éventuellement être semblable.



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 3-3 Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 3 (épis à l'élévation 2,00 m)

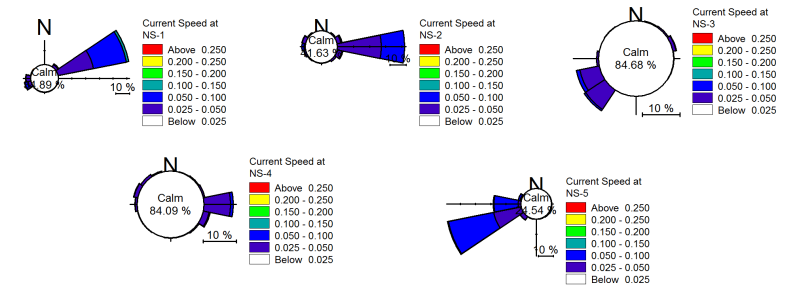
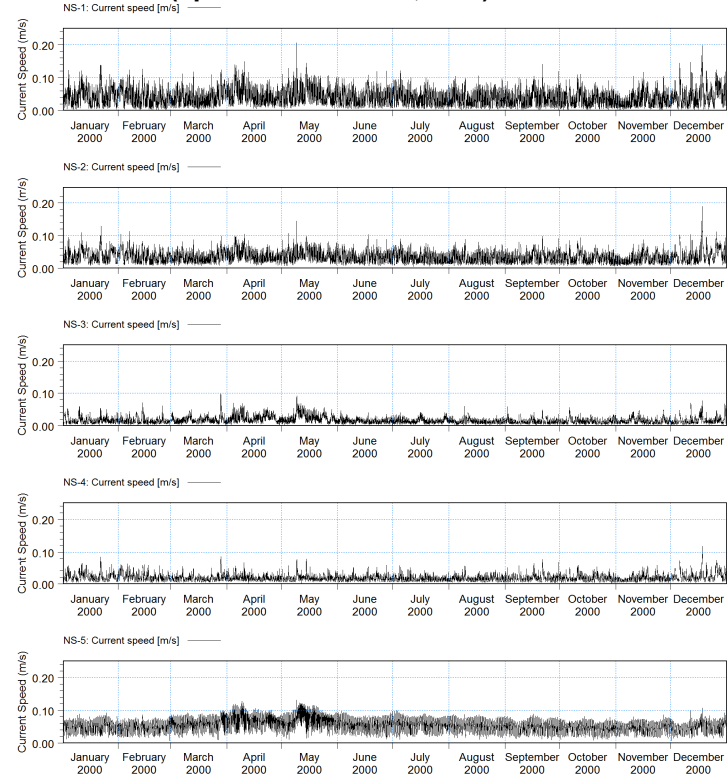
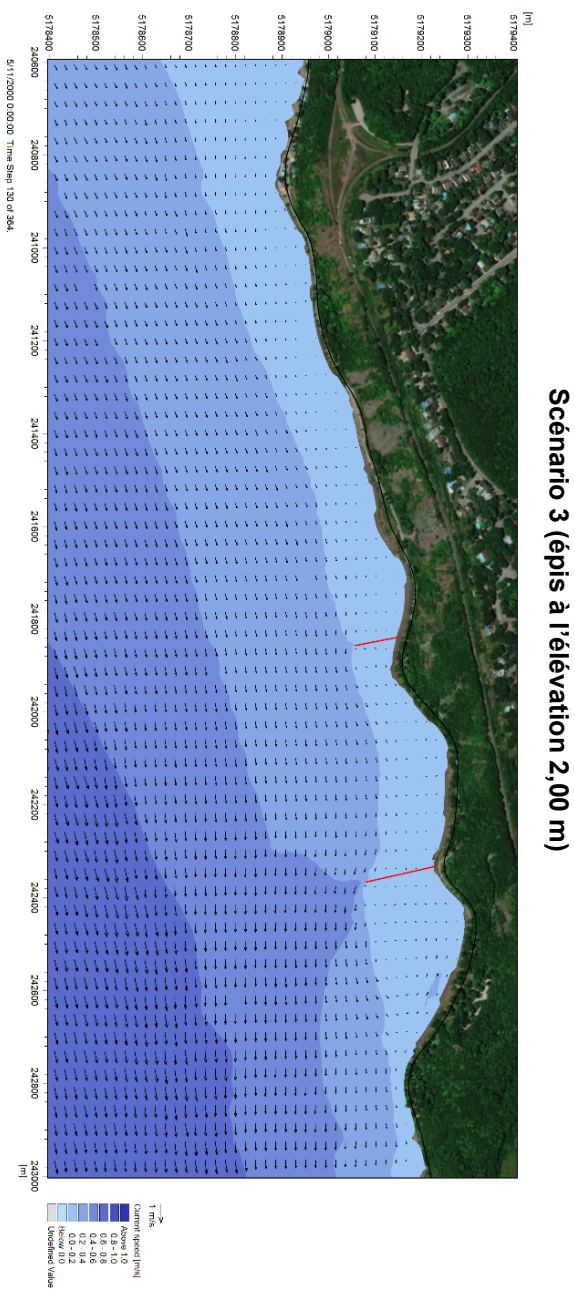
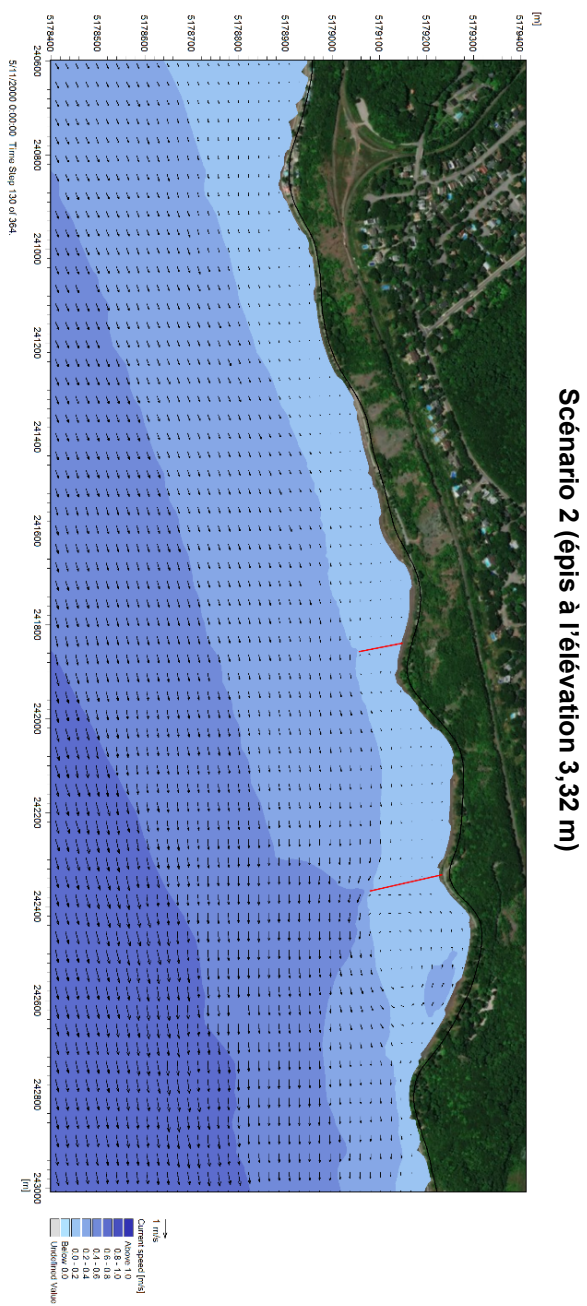


Figure 3-4 Vitesse d'écoulement, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2



(viesses lors de la pointe de débit annuel [21 330 m³] le 11 mai 2000)



3.3 VITESSES D'ÉCOULEMENT – SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2

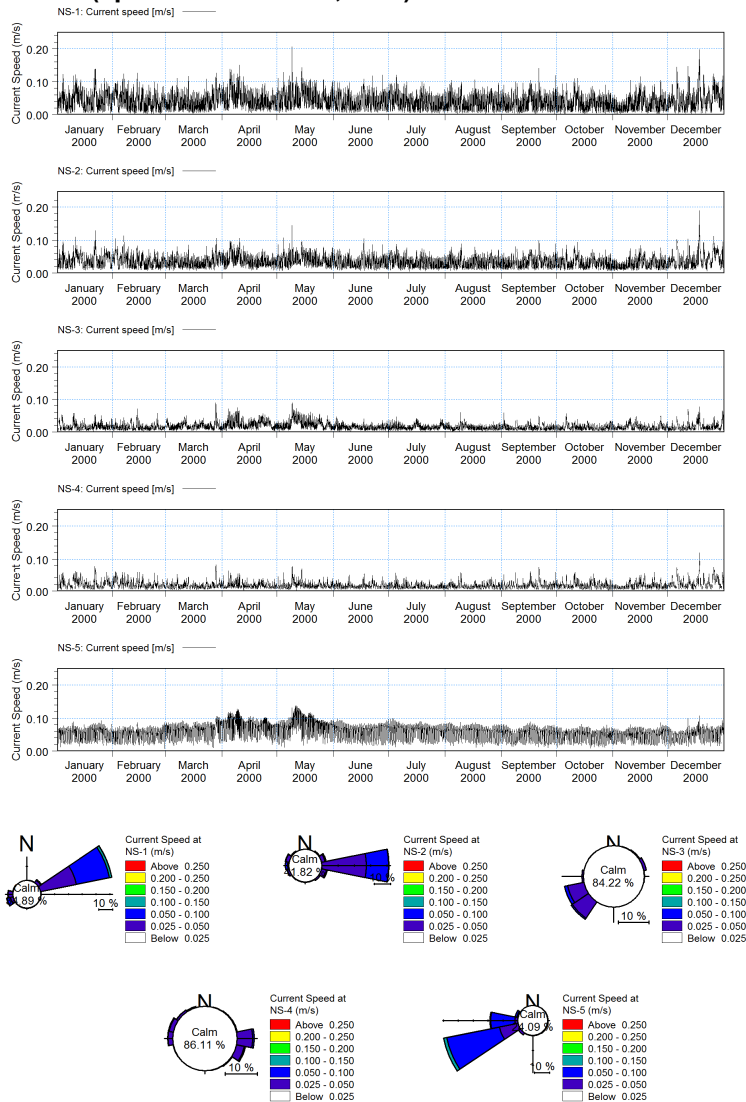
Les vitesses d'écoulement pour les deux scénarios avec épis sont identiques, donc il n'est pas justifié de mettre en place un épi de 4,51 m qui aurait une plus grande emprise, un coût plus élevé, et un impact visuel plus grand.



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 3-5 Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épis à l'élévation 4,51 m)

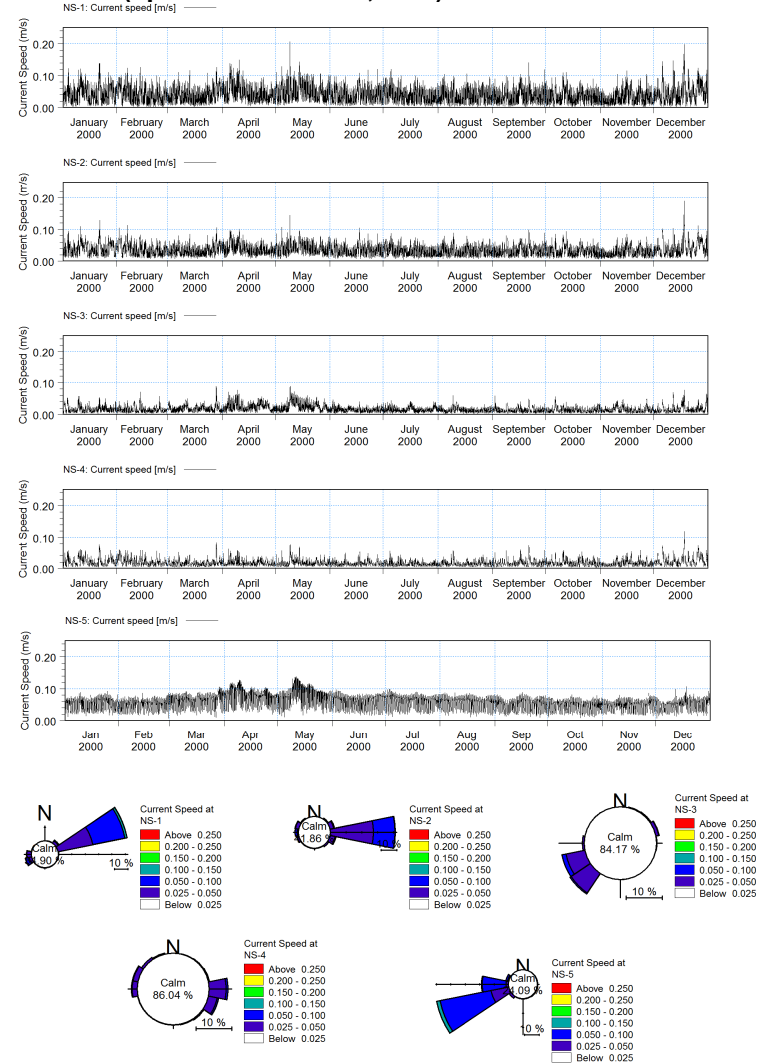
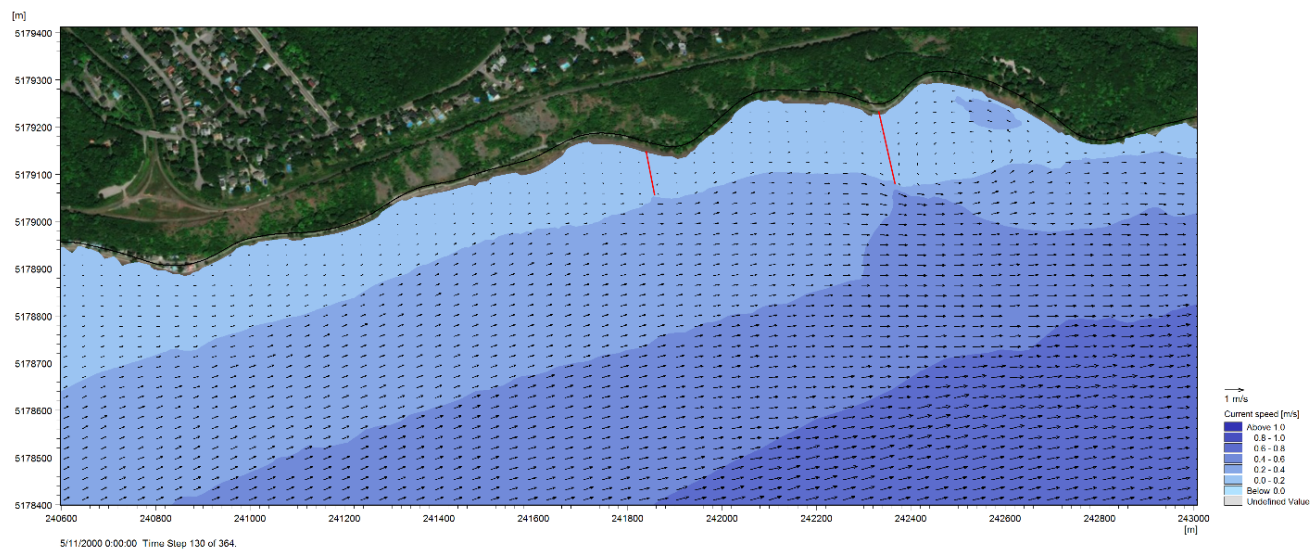
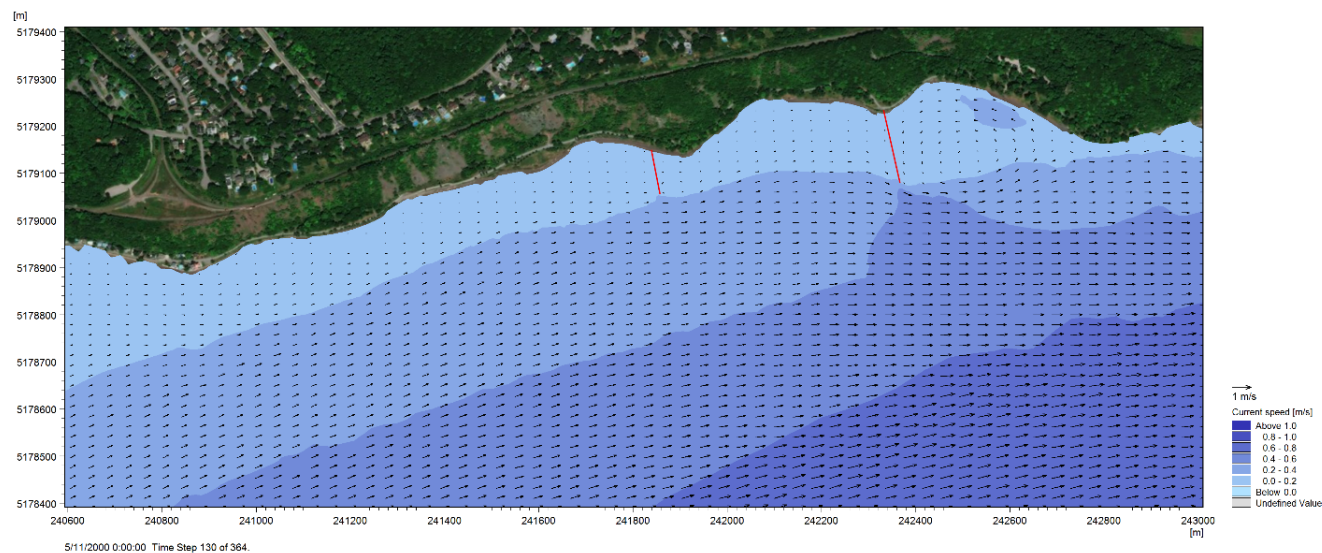


Figure 3-6 Vitesses d'écoulement, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épis à l'élévation 4,51 m)



(Vitesses d'écoulement lors de la pointe de débit annuel [21 330 m³] le 11 mai 2000)

4.0 RÉSULTATS DES HAUTEURS DE VAGUES

Les figures présentées dans cette section du rapport sont les hauteurs de vagues horaires les plus significatives durant l'année 2000, soit le 28 mars à 14 h pour les vagues de l'est et les 14 mai à 16 h et 18 décembre à 7 h pour les vagues du sud-ouest. La station d'Environnement Canada de l'aéroport Jean-Lesage enregistrait alors respectivement les vents suivants :

- Le 28 mars 2000 vers 14 h, le vent était de l'est-nord-est (ENE) et soufflait à une vitesse de l'ordre de 60 km/h.
- Le 14 mai 2000 à 16 h, le vent était du ouest-sud-ouest (OSO) et soufflait à une vitesse de près de 45 km/h.
- Le 18 décembre 2000 à 7 h, le vent était également du ouest-sud-ouest (OSO) et soufflait à une vitesse près de 75 km/h.

À noter que les conditions météorologiques présentées ci-dessus correspondaient bien à des conditions des tempêtes avec les vents les plus significatifs de l'année qui généraient les conditions de plus fortes vagues.

4.1 HAUTEUR DE VAGUES SUIVANT LA DIRECTION DES VENTS

Les figures 4-1 présentent la hauteur des vagues les plus significatives en terme horaire (figures A et B) qui se sont produites dans la zone de la plage Jacques-Cartier en l'an 2000 à la suite du vent provenant de l'ouest-sud-ouest (OSO) le 14 mai à 16 h (figure A) et du vent provenant du l'est-nord-est (ENE) le 28 mars à 14 h (figure B) ; tandis que la figure 4-1-C présente la hauteur maximale des vagues en terme journalier qui s'est produite le 18 décembre à 7 h d'un vent soufflant ainsi de l'ouest-sud-ouest (OSO).

On remarque dans les figures (A) et (C) que les vagues générées du vent de l'OSO sont plus étendues au voisinage des talus que celles générées par le vent de l'ENE (zones magenta). Cependant, au large, ce sont les vagues générées par le vent de l'ENE et influencées également par la surcote (zones orange et jaune au large dans la figure 4-1-B avec hauteur supérieure à 0,8 m pour une année moyenne) qui sont plus importantes que celles générées par le vent de l'OSO où la surcote n'existe pas (zones cyan et verte dans la figure 4-1-A avec une hauteur de 0,4 à 0,7 m).

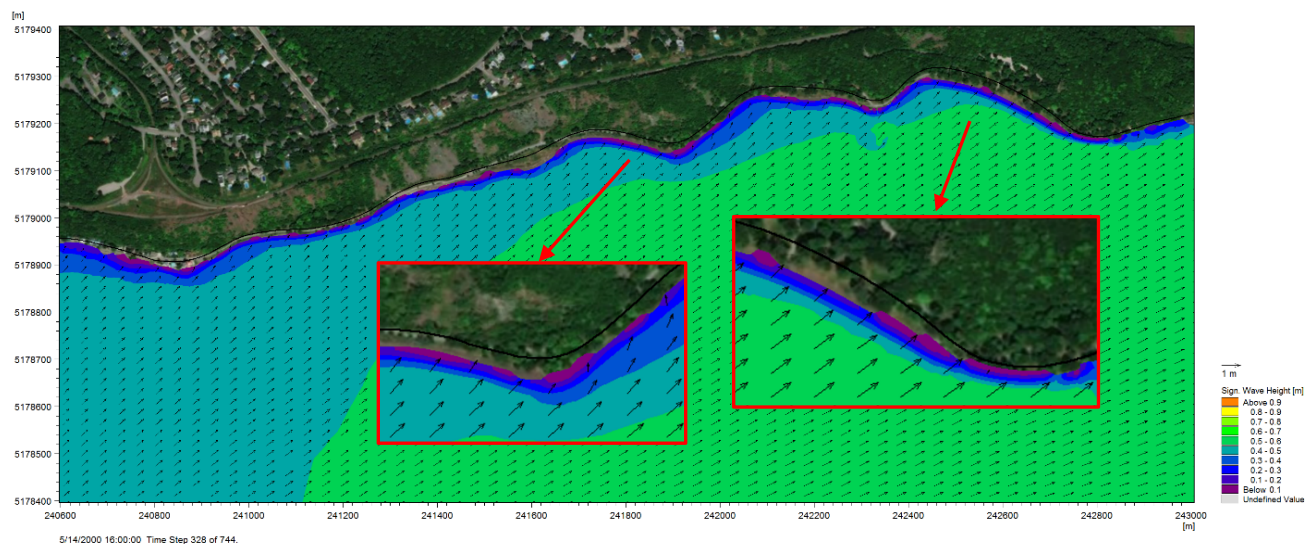
La figure (4-1-C) montre que, en terme journalier, les vagues générées par le vent de l'OSO ont une hauteur de l'ordre de 0,4 à 0,5 m (zone jaune), sans tout de même être importantes près des talus (hauteur de l'ordre 0,1 m). Ceci est expliqué par le fait que la tempête est arrivée à l'heure où la marée n'était pas assez haute pour permettre aux vagues d'atteindre les berges comparativement à la tempête du 14 mai 2000. Pour cette raison, les efforts des analyses seront concentrés par la suite sur les vagues générées par les vents maximums en terme horaire (cas A et B).



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

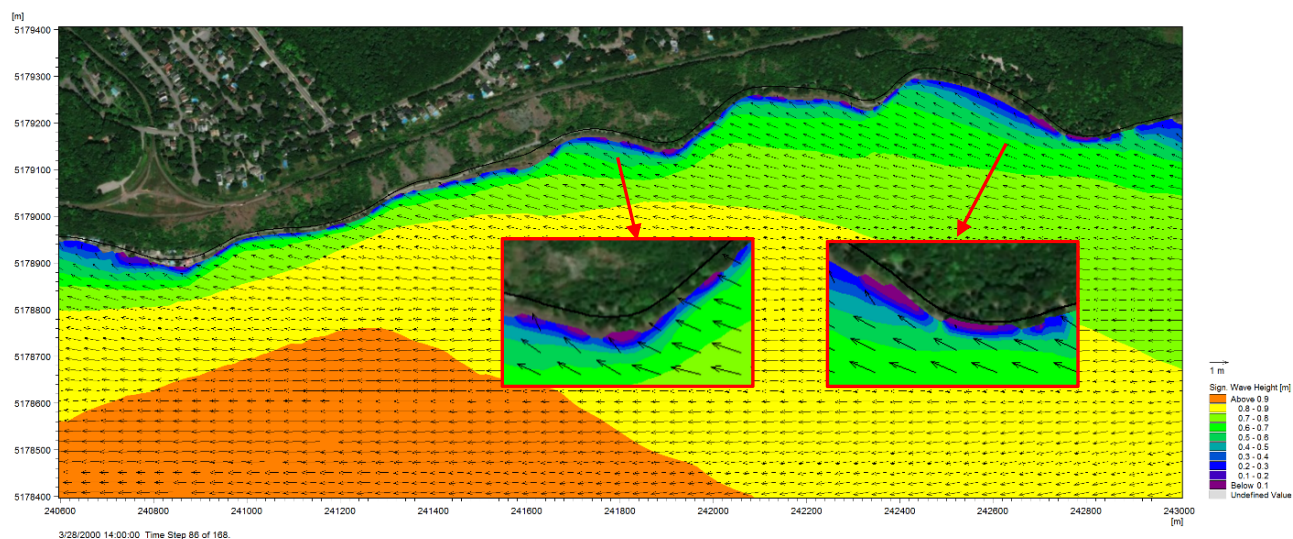
Figure 4-1 Hauteur de vagues - Comparaison des vagues significatives pour Scenario 1

(A) Vent de l'ouest-sud-ouest (terme horaire)



(Hauteur de vagues le 14 mai 2000 à 16 h, vent de 45 km/h)

(B) Vent de l'est-nord-est (terme horaire)

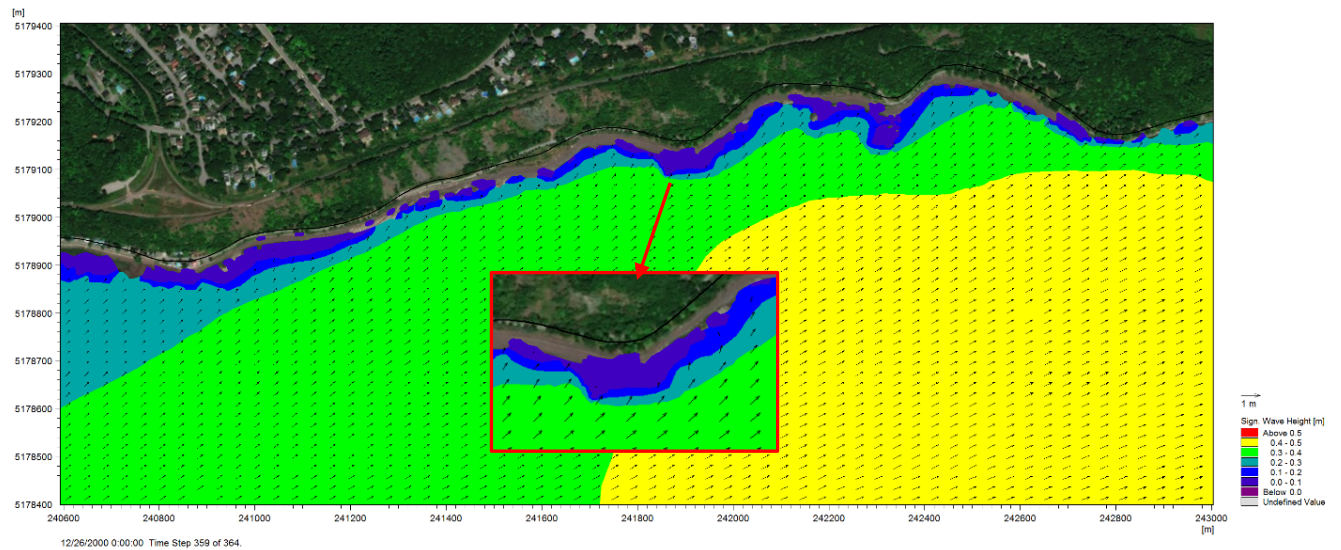


(Hauteur de vagues le 28 mars 2000 à 14 h, vents de 60 km/h)



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

(C) Vents de l'ouest-sud-ouest (terme journalier)



(Hauteur de vagues le 18 décembre 2000 à 7 h, vents de 75 km/h)



4.2 HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1

La figure 4-2 montre la variation annuelle de l'an 2000 des hauteurs de vagues aux points de contrôle (NS-1 à NS-5) pour les scénarios, dont celui avec épis à 3,32 m (2) et celui sans épis (1).

Les roses du vent (figure 4-2) montrent que la mise en place des épis entraîne une diminution des hauteurs de vagues provenant de l'est pour les points NS-2 (tronçon 4), NS-3 (tronçon 6) et NS-4 (tronçon 6). Ce résultat était attendu, car l'épi A protège le tronçon 4 des vents provenant de l'est, et l'épi B protège le tronçon 6 des vents provenant de l'est.

La mise en place des épis entraîne également une diminution des hauteurs de vagues provenant de l'ouest pour le point NS-5 (tronçon 7), ce qui était attendu, car l'épi B protège le tronçon 7 des vents provenant de l'ouest.

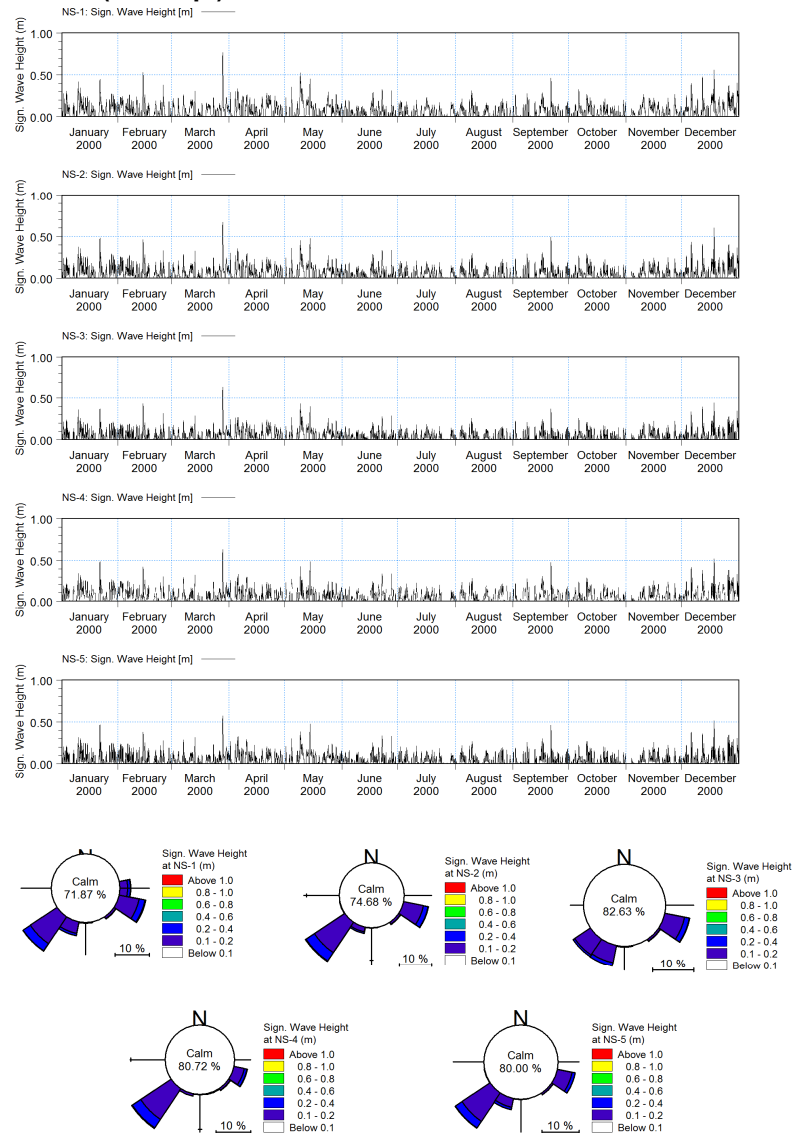
En ce qui concerne les vagues du sud-ouest, la figure 4-3 montre que la présence des épis entraîne une bonne diminution de la hauteur des vagues dans les zones à l'est des épis et protège en conséquence les talus qui se trouvent dans ces zones, soit les tronçons 5 et 7. Du même que les épis protègent les zones à l'ouest de l'épi en cas des vents de l'est-nord-est (vagues de l'est), soit le tronçon 6 et littéralement le tronçon 4 (figure 4-4).



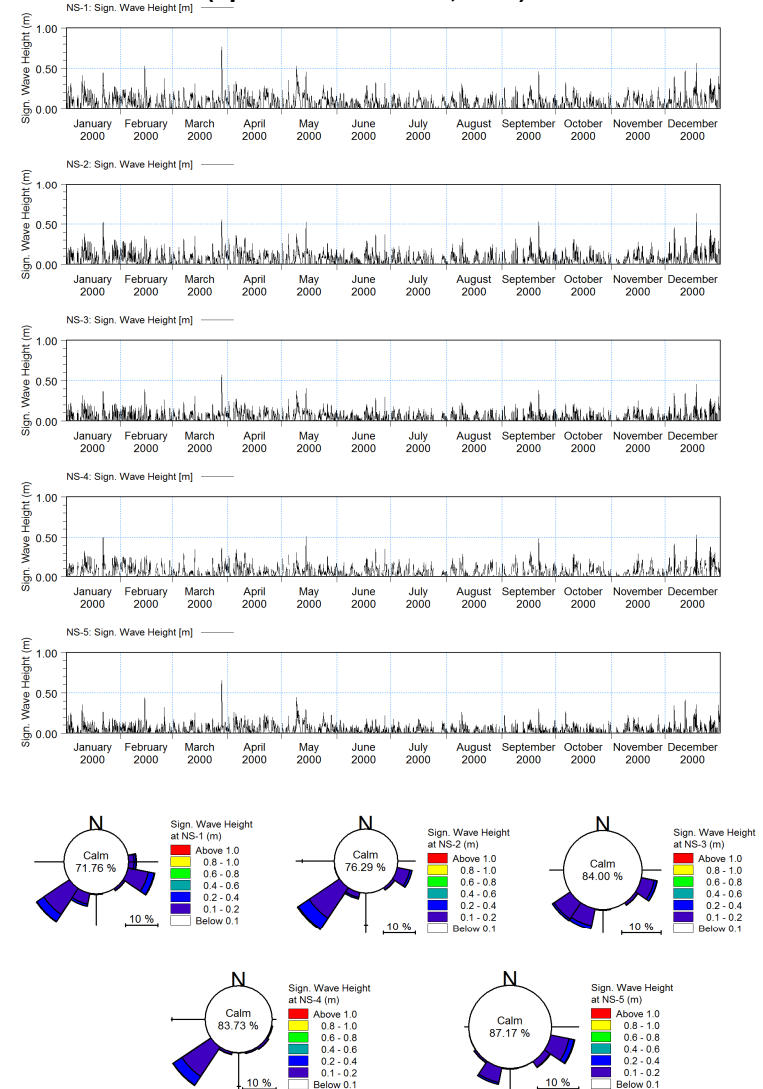
SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 4-2 Hauteur de vagues, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1

Scénario 1 (sans épi)

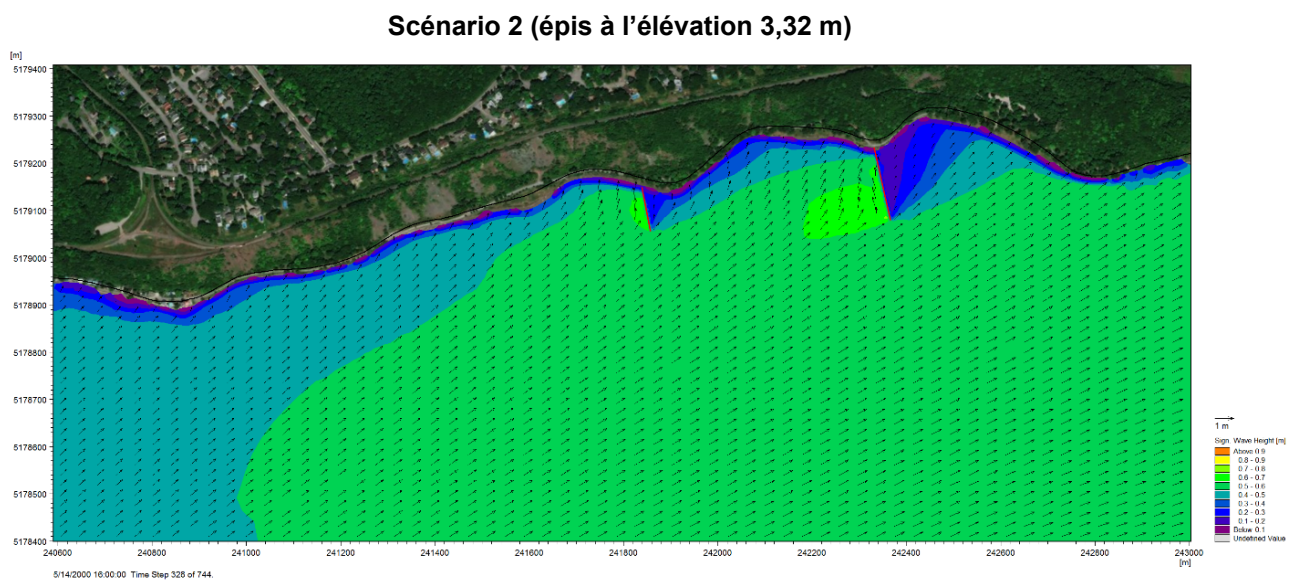
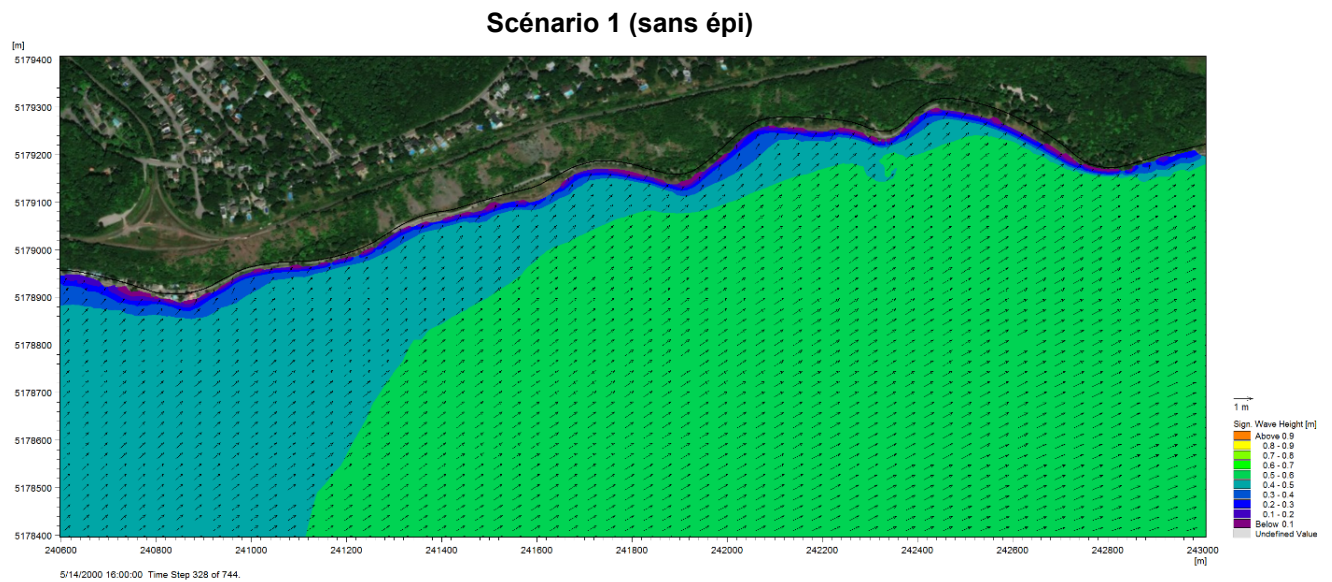


Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 4-3 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénarios 2 et 1 (vent de l'ouest-sud-ouest)

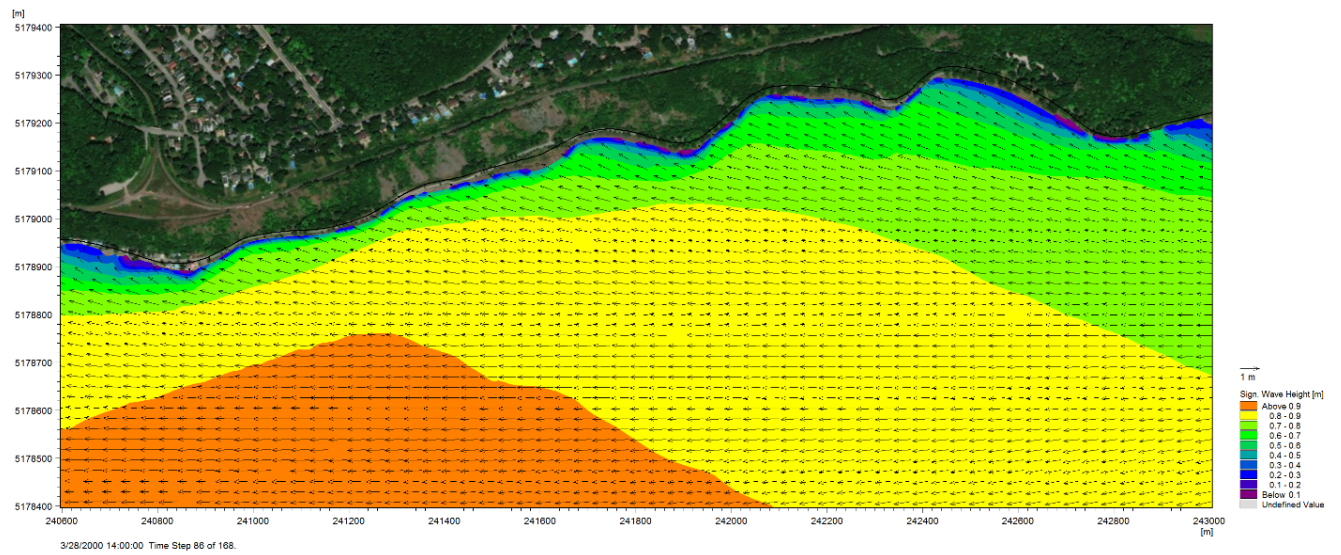


(Hauteur de vagues le 14 mai 2000 à 16 h)

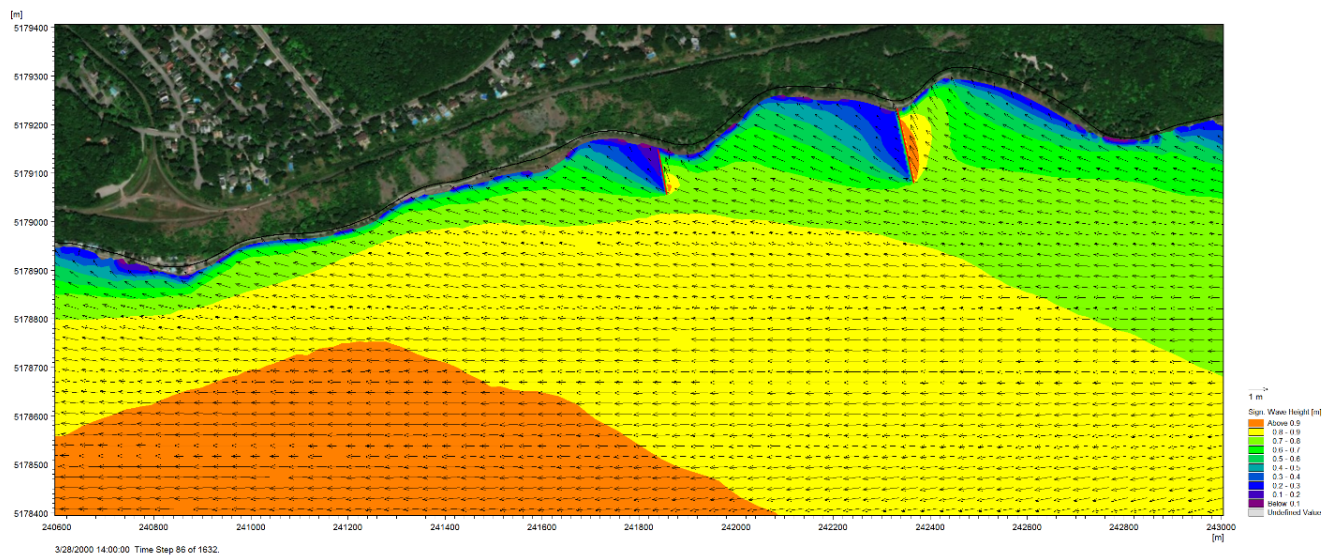


Figure 4-4 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1 (vent de l'est-nord-est)

Scénario 1 (sans épi)



Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



(Hauteur de vagues le 28 mars 2000 à 14 h)



4.3 HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2

La figure 4-5 montre la variation annuelle de l'an 2000 des hauteurs de vagues aux points de contrôle (NS-1 à NS-5) pour les scénarios, dont celui avec épis à 2,00 m (2) et celui avec épis à 3,32 m (2).

La rose de vent présentée à la figure 4-5 montre que les épis avec la crête à l'élévation 3,32 m induisent des vagues moins importantes en provenance du sud-ouest pour le point NS-5 (tronçon 7). Ce point est donc protégé des vagues par l'épi B. L'épi B protège également le point NS-4 des vents de l'est-nord-est.

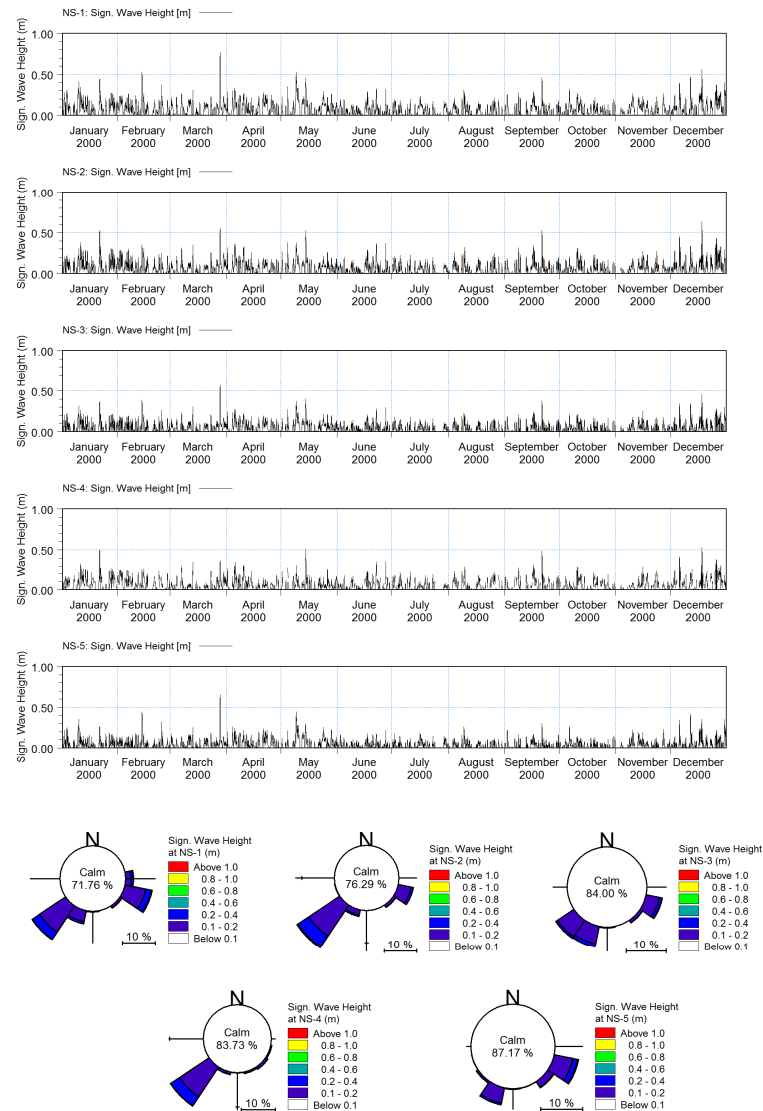
Nous remarquons à la figure 4-6 que, pour les vagues de sud-ouest, les hauteurs des vagues à l'est des épis à 3,32 m sont moins importantes que celles à l'est des épis à 2,00 m protégeant ainsi les tronçons 5 et 7. Tandis que, pour les vents de l'est-nord-est (vagues de l'est), la figure 4-7 montre que la présence des épis à 3,32 m protège davantage les zones à l'ouest des épis (tronçon 6) que dans le cas des épis à 2,00 m.



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 4-5 Hauteur de vagues, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 3 (épis à l'élévation 2,00 m)

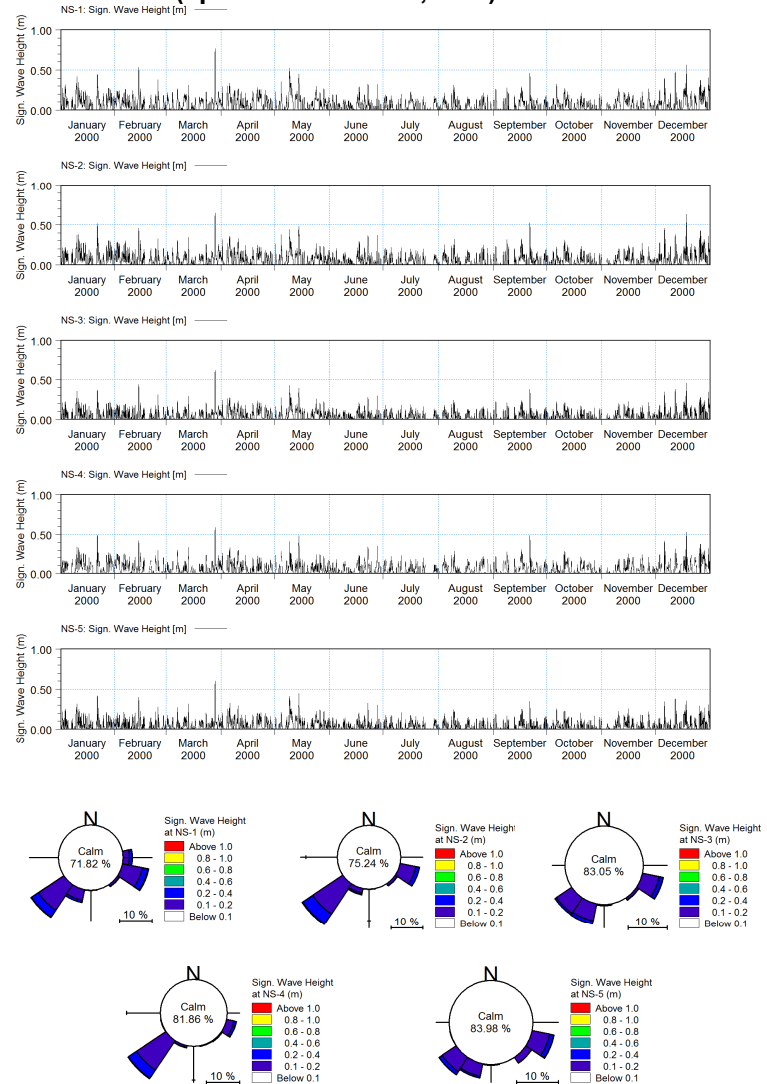
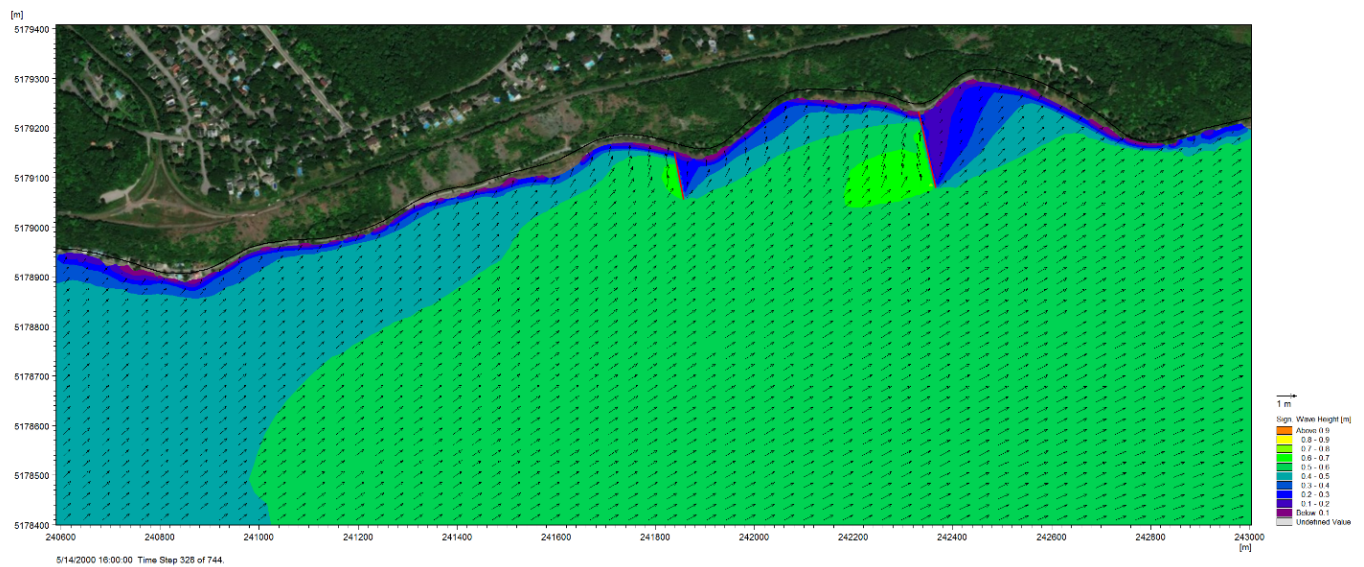
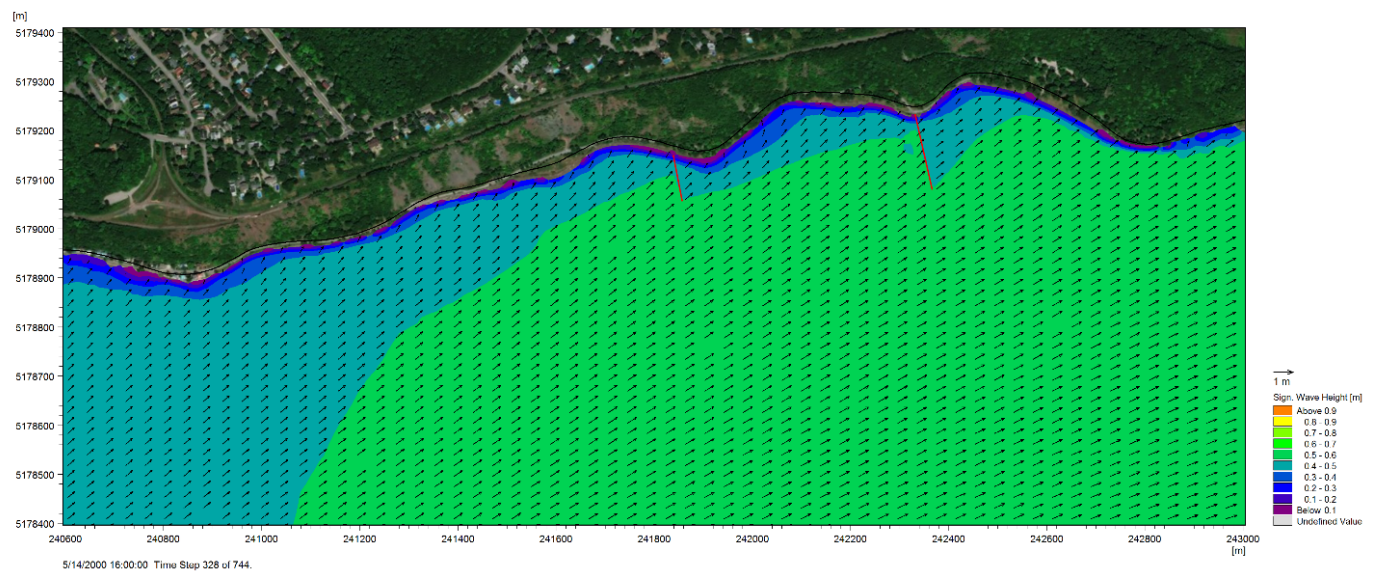


Figure 4-6 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2 (vent de l'ouest-sud-ouest)

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 3 (épis à l'élévation 2,00 m)

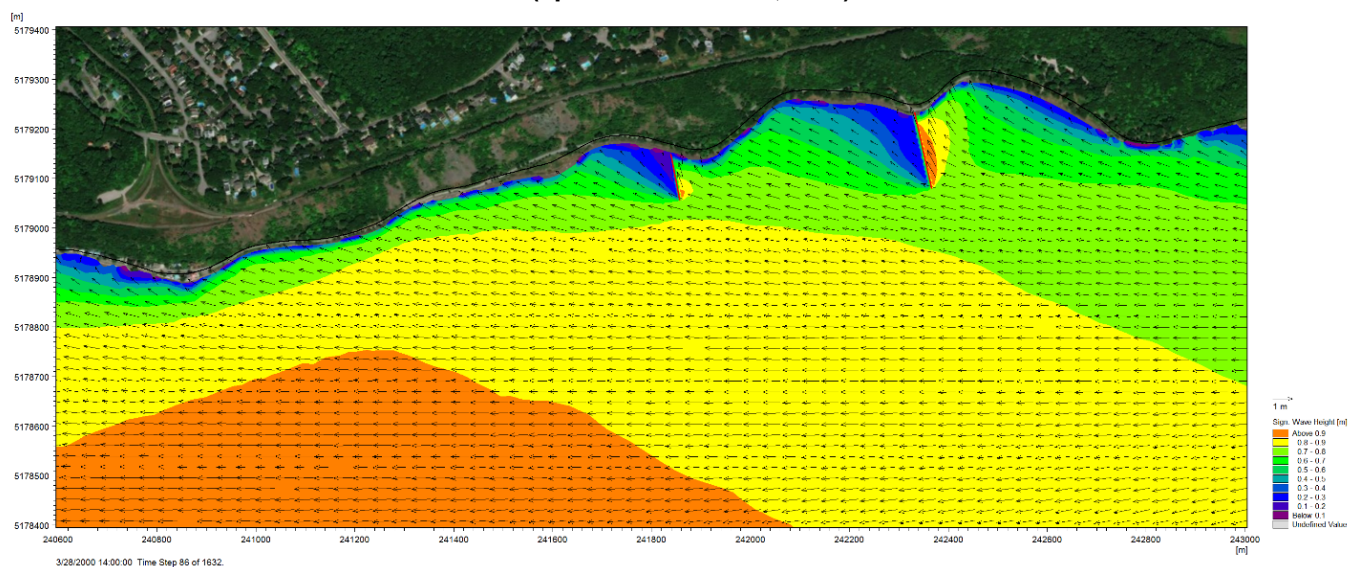


((Hauteur de vagues le 14 mai 2000 à 16 h))

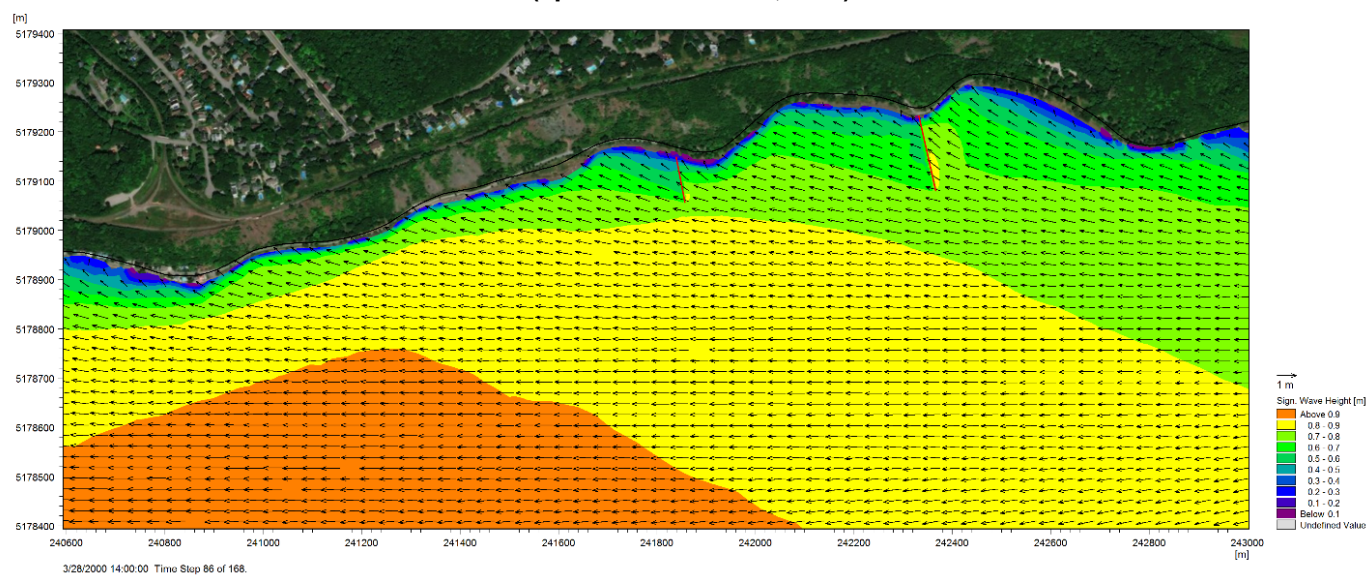


Figure 4-7 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2 (vent de l'est-nord-est)

Scénario 2 (épïs à l'élévation 3,32 m)



Scénario 3 (épïs à l'élévation 2,00 m)



(Hauteur de vagues le 28 mars 2000 à 14 h)



4.4 HAUTEUR DE VAGUES – SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2

La figure 4-8 montre la variation annuelle de l'an 2000 des hauteurs de vagues aux points de contrôle (NS-1 à NS-5) pour les scénarios avec épis à 4,51 m (4) et avec épis à 3,32 (2).

Les hauteurs de vagues entre les deux scénarios avec épis (scénarios 4 et 2 avec épis aux niveaux 4,51 m et 3,32 m respectivement) sont identiques (voir figures 4-8, 4-9 et 4-10). Il n'est donc pas justifié de mettre en place des épis plus haut que 3,32 m d'autant plus l'impact visuel est plus important.



Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)

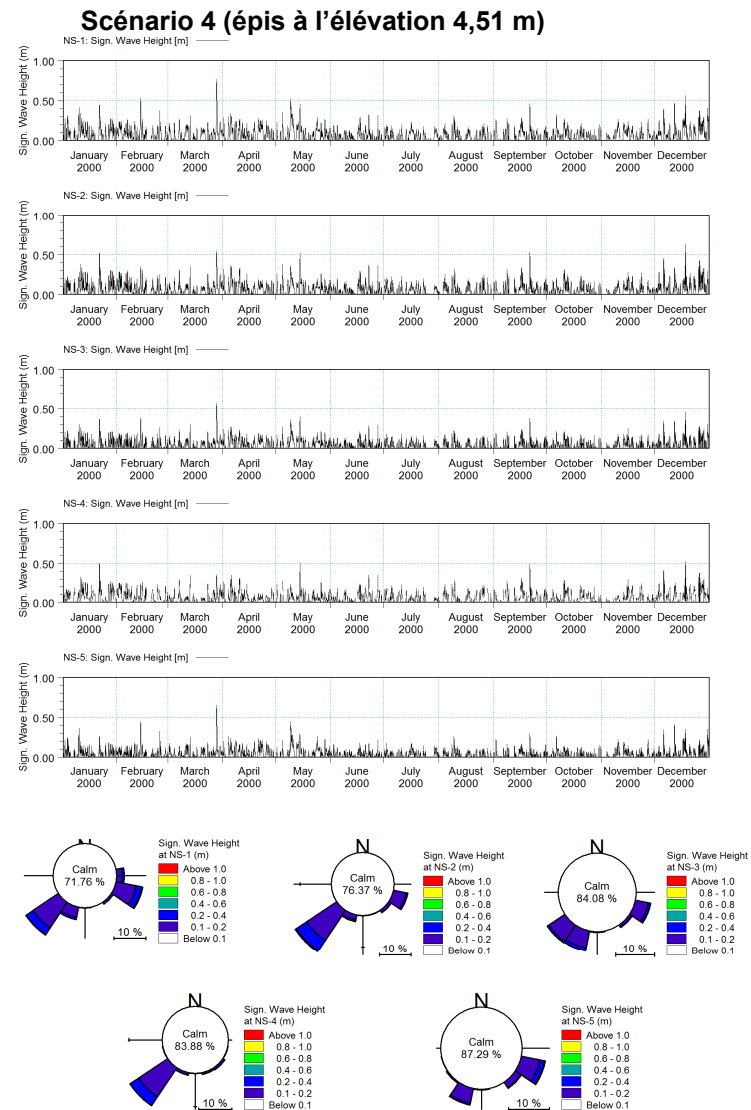
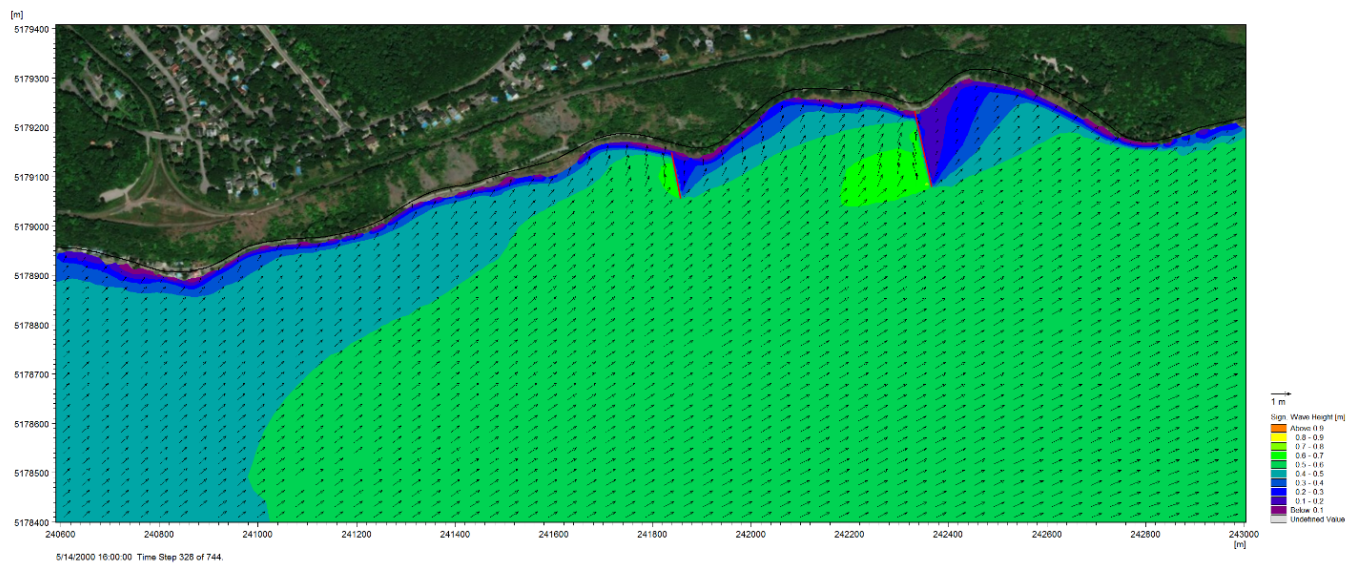
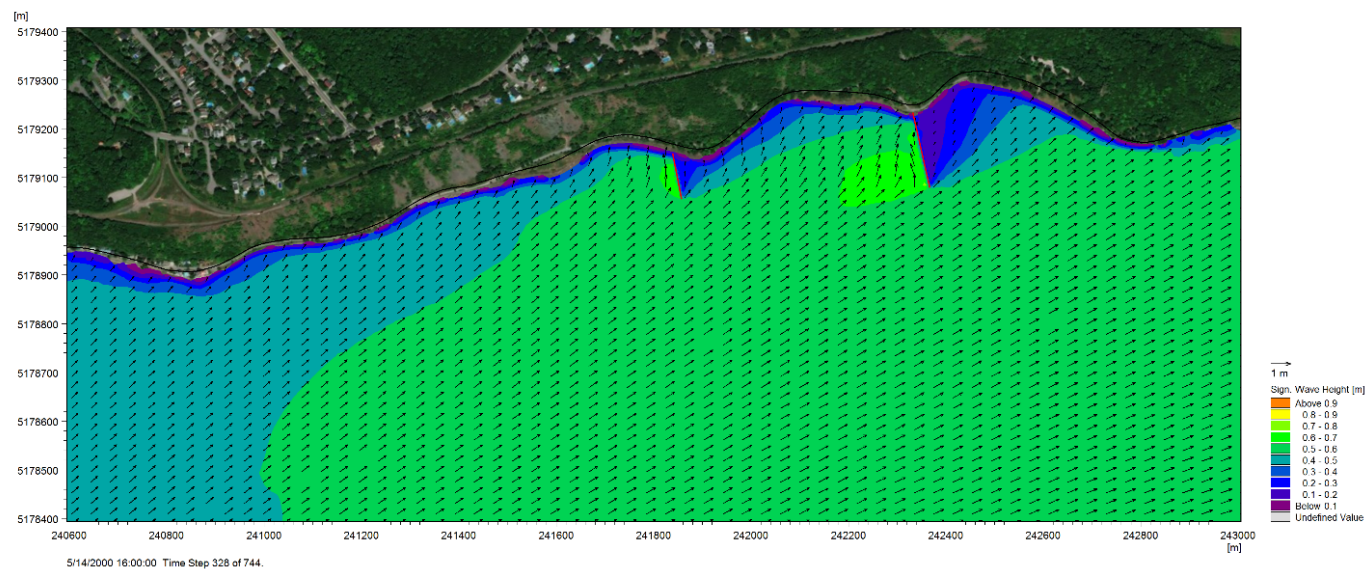


Figure 4-9 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2 (vent de l'ouest-sud-ouest)

Scénario 2 (épîs à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épîs à l'élévation 4,51 m)

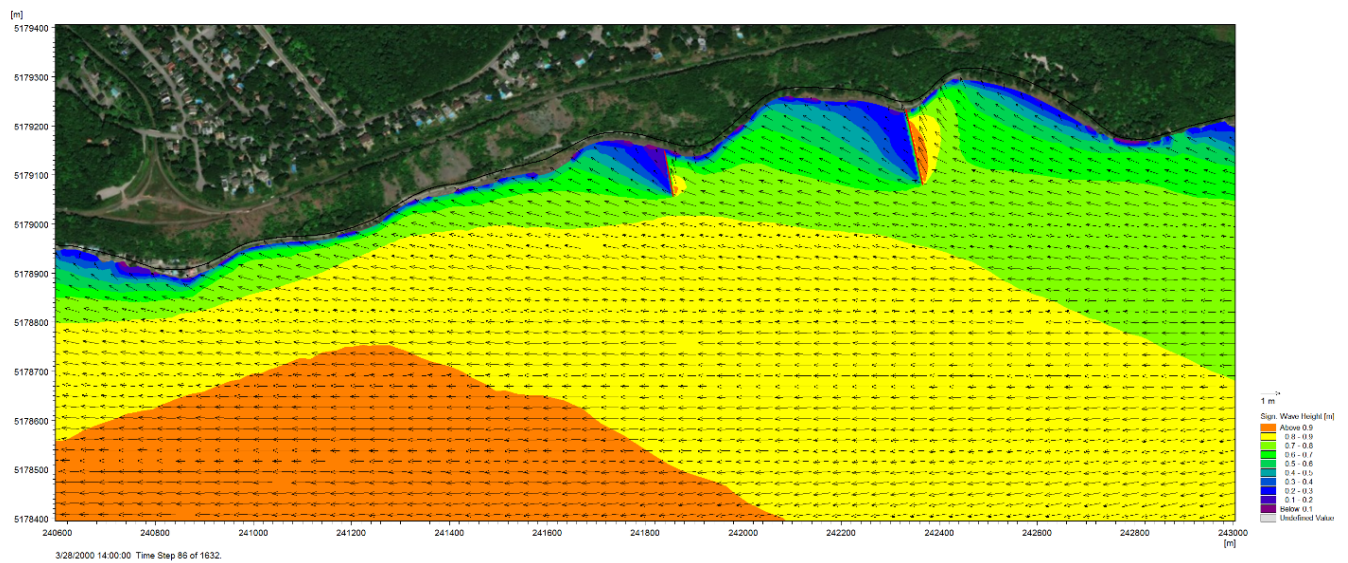


(Hauteur de vagues le 14 mai 2000 à 16 h)

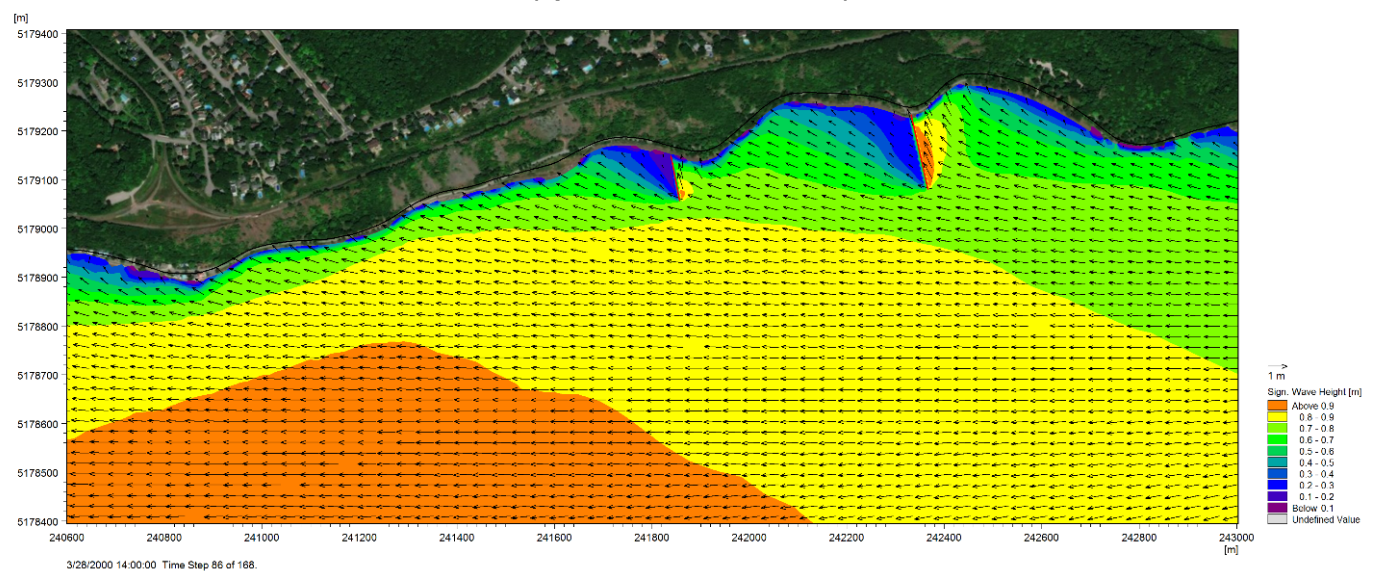


Figure 4-10 Hauteur de vagues significatives, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2 (vent de l'est-nord-est)

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épis à l'élévation 4,51 m)



(Hauteur de vagues le 28 mars 2000 à 14 h)



5.0 RÉSULTATS SÉDIMENTATION ET ÉROSION

Les figures présentées dans cette section du rapport sont la variation totale d'épaisseur de sédiments sur l'estran du fleuve à la fin de l'année 2000, soit la variation totale entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2000.

Les graphiques présentés montrent la variation annuelle de l'an 2000 de sédimentation et érosion aux points de contrôle (NS-1 à NS-5).

Il est à noter que le littoral du fleuve et des berges a été modélisé comme étant constitué de sédiments meubles pouvant s'éroder. La profondeur de roc n'est pas intégrée au modèle. Donc, il est possible que certaines zones d'érosion identifiées par le modèle soient en réalité du roc, donc l'érosion ne s'y manifesterait pas réellement.

5.1 COMPARAISON SCÉNARIO 2 VERSUS SCÉNARIO 1

La figure 5-1 montre que la présence de l'épi A (au tronçon 5) cause une extension de la zone jaune, c'est-à-dire de la sédimentation, en aval de l'épi A tandis que l'érosion (zone bleu foncé) est diminuée et déplacée en amont de l'épi A. La zone de sédimentation étant ainsi déplacée au tronçon 5, cet épi améliore donc globalement les conditions au tronçon 5. L'implantation de l'épi B (en amont du tronçon 7) augmente significativement la sédimentation en aval de l'épi B (extension des zones jaune et brune) et diminue la surface de la zone soumise à l'érosion en amont de l'épi B (rétrécissement de la zone bleu foncé et extension de la zone jaune). La mise en place de l'épi B favorise donc significativement la formation de la plage au tronçon 7 et aussi dans une certaine mesure celle du tronçon 6.

5.2 COMPARAISON SCÉNARIO 3 VERSUS SCÉNARIO 2

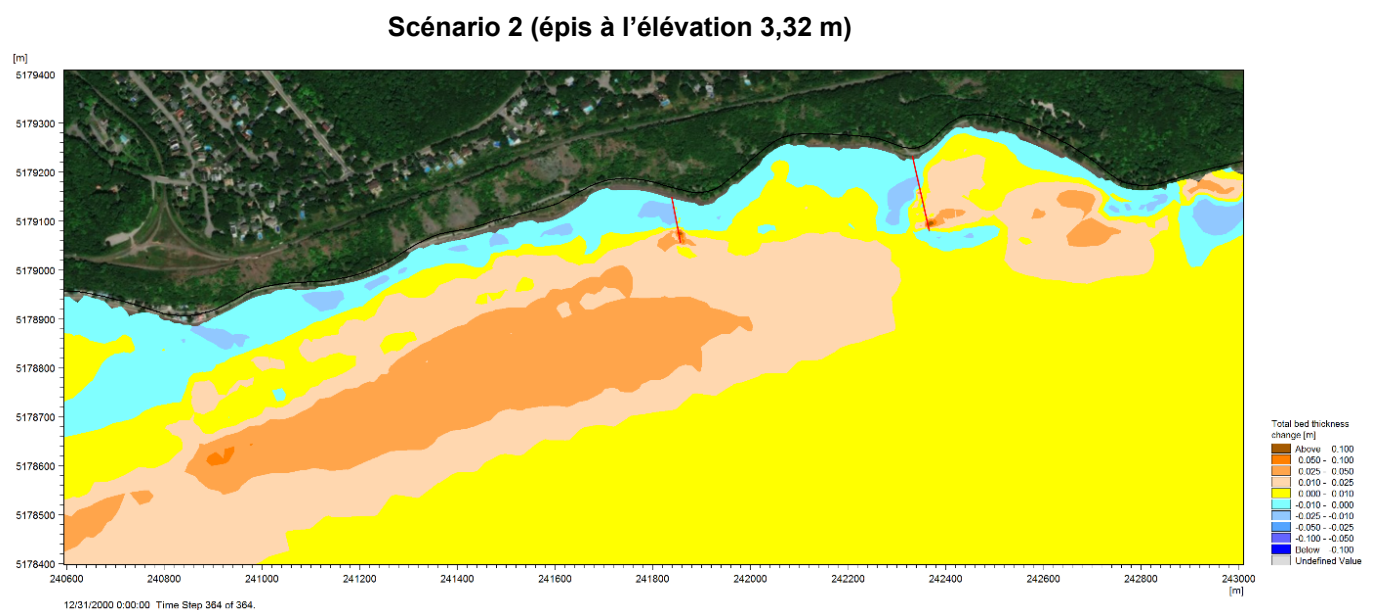
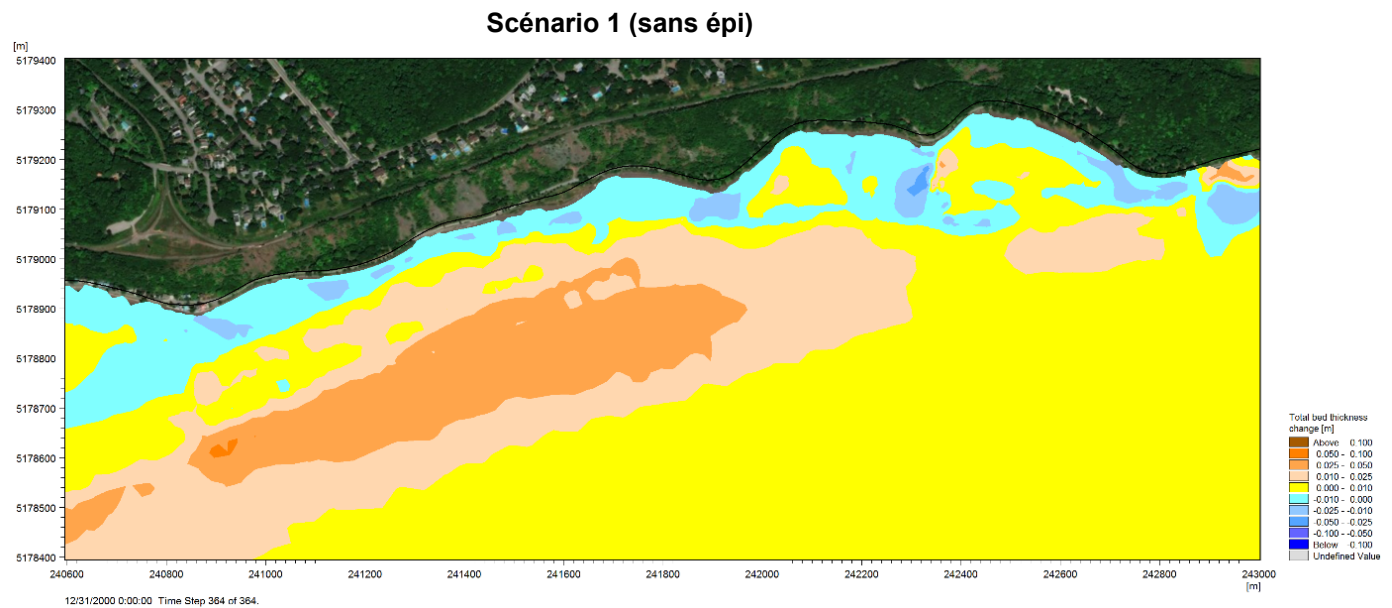
La figure 5-2 montre que la sédimentation et l'érosion entre les deux scénarios 3 et 2 (épis à 2,00 m et épis à 3,32 m respectivement) sont très semblables sauf au point NS-5 où la zone de la déposition est légèrement supérieure pour les épis à l'élévation 3,32 m que celle pour les épis à l'élévation 2,00 m. En amont de l'épi A, on remarque l'atténuation de la zone bleu foncé avec épis à 3,32 m par rapport au cas avec épis à 2,00 m.

5.3 COMPARAISON SCÉNARIO 4 VERSUS SCÉNARIO 2

La figure 5-3 montre que la sédimentation et l'érosion entre les deux scénarios 4 et 2 (épis à 4,51 m et épis à 3,32 m respectivement) sont quasiment identiques. Aussi, il n'apparaît pas justifié de mettre en place des épis avec la crête à 4,51 m, car il n'y a pas de gain. De plus, des épis plus hauts ont une empreinte plus importante, un coût plus élevé et un impact visuel plus grand.



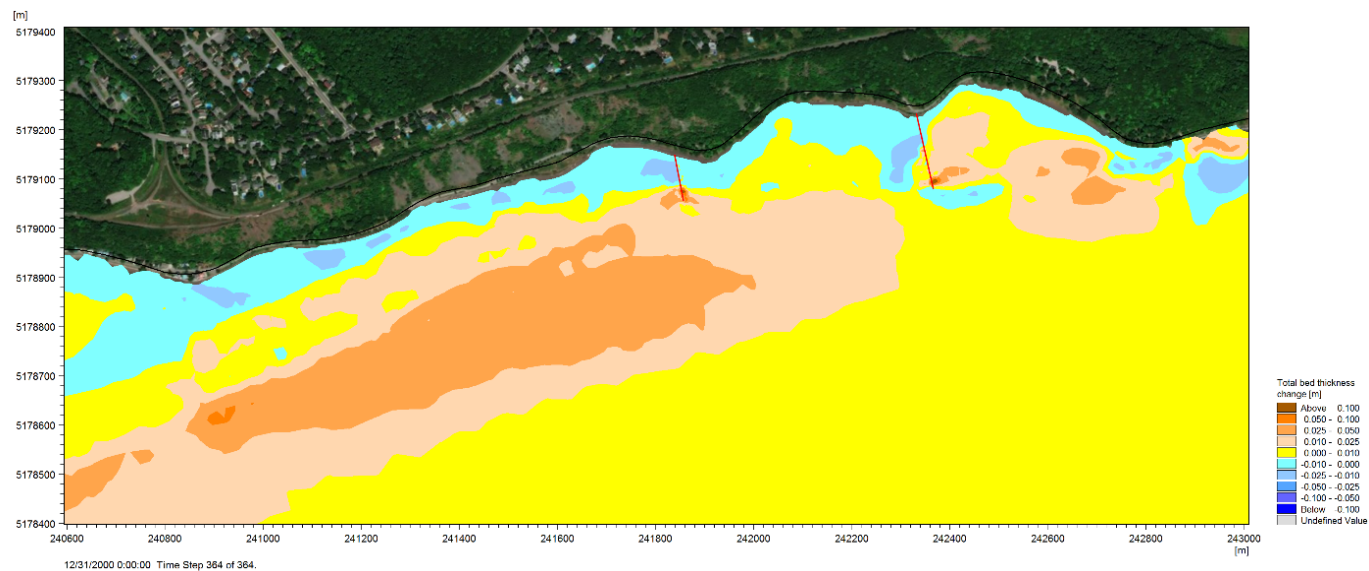
Figure 5-1 Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 2 et Scénario 1



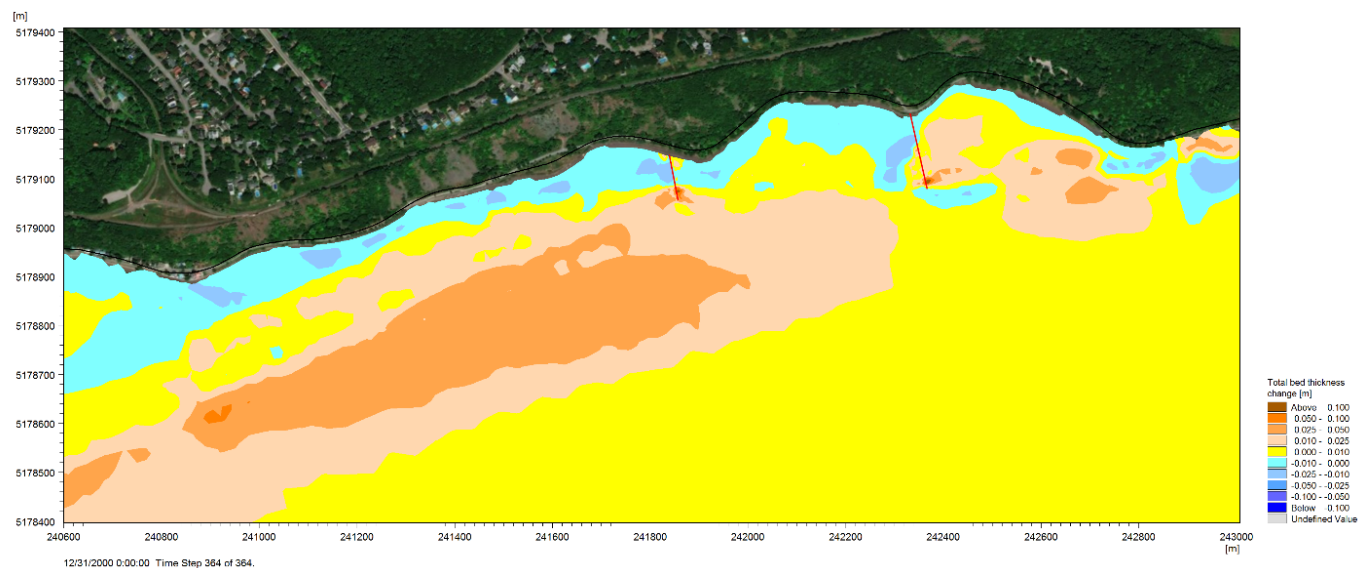
(Variation totale d'épaisseur du lit du fleuve entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2000)

Figure 5-2 Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 3 et Scénario 2

Scénario 2 (épîs à l'élévation 3,32 m)



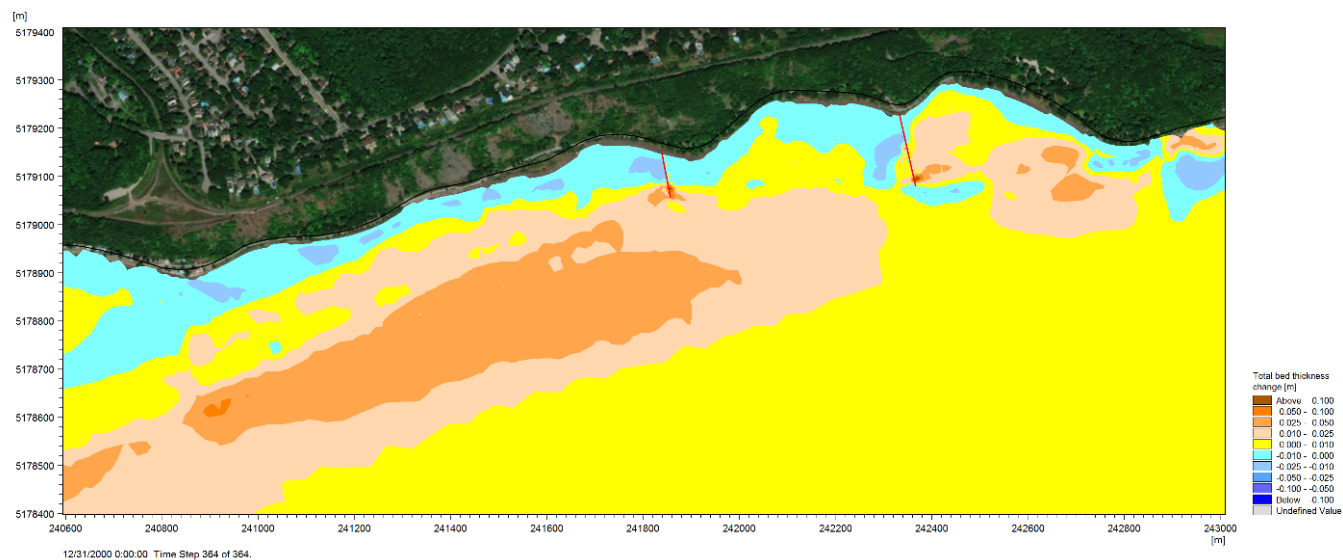
Scénario 3 (épîs à l'élévation 2,00 m)



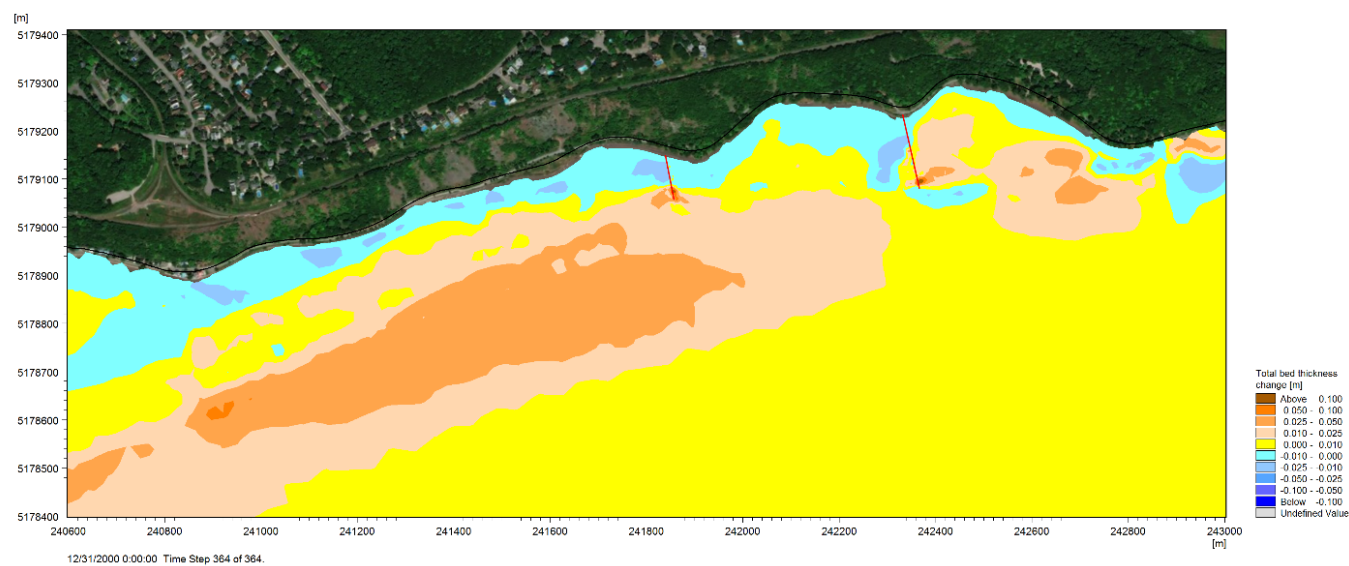
(Variation totale d'épaisseur du lit du fleuve entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2000)

Figure 5-3 Sédimentation et érosion, Comparaison Scénario 4 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épis à l'élévation 4,51 m)



(Variation totale d'épaisseur du lit du fleuve entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2000)

5.4 SÉDIMENTATION OU ÉROSION – SYNTHÈSE

La déposition de la sédimentation et l'érosion a un impact direct sur le développement des herbiers et sur la fréquence de la recharge de plage.

La figure 5-4 ci-dessous présente les résultats des simulations, pour une année standard, de la variation du fond aux points NS-1 à NS-5 pour les différents scénarios avec épis aux diverses élévations retenues et sans épis. Il est à noter que les valeurs obtenues ne doivent pas être prises en compte en termes de valeurs absolues, mais plutôt en termes de tendance. Les valeurs réelles ne pourraient être obtenues qu'au cours de l'application d'un programme de suivi rigoureux des élévations dans l'ensemble des secteurs sous influence du projet.

Au point NS-5, la simulation de l'état actuel sans épi (ligne bleue) montre un phénomène d'érosion cumulative du janvier à mars (valeurs négatives) alors qu'entre avril et mai le dépôt de nouveaux sédiments compensera entièrement la perte en érosion des trois premiers mois de l'année. Ensuite, de juin à la mi-septembre, aucun phénomène d'érosion ou de sédimentation n'est prédominant, le système s'autoentretenant au gré des événements hydrologiques et météorologiques estivaux. Le phénomène d'érosion reprend cependant à partir de la mi-septembre pour finir l'année avec environ 3 mm de perte en érosion. Il s'agit d'une courbe typique du comportement sédimentaire attendu des plages dans le Québec maritime. Sur ce même graphique, on observe que la courbe rouge (épi à l'élévation 3,32 m) montre une balance positive avec un dépôt d'environ 10 mm de sédiments à la fin d'année.

Les courbes de dépôt de sédiments pour les épis aux élévations 3,32 m et 4,51 m sont superposées et ne démontrent aucun intérêt notable de monter l'épi jusqu'à une élévation de 4,51 m. D'un autre côté, le graphique indique que l'épi à l'élévation 2,00 m entraîne un dépôt sédimentaire moindre de l'ordre de 20 %, soit d'environ 8 mm.

Les simulations aux points NS-4 et NS-2 montrent que la présence des épis entraînerait une légère perte d'environ 1 mm à partir du mois d'avril par rapport à la situation actuelle, et cette situation ne changerait généralement pas de tendance, peu importe le scénario d'épis. Cette perte serait même d'environ 2 mm au point NS-3 par rapport à la situation actuelle sans épis. Toutefois, cette fois, les épis montrent tout de même une tendance à maintenir un bilan sédimentaire positif en termes de déposition de l'ordre d'un peu moins de 1 mm. Enfin, les épis ne révèlent aucun impact au point NS-1.

En analysant les figures suivantes, on remarque que la présence des épis, notamment pour une élévation entre 2 m et 3,32 m géodésique, a un impact très positif en matière de recharge de plage à l'endroit NS-5 alors cet impact devient négatif avec une érosion légèrement plus importante aux points NS-2 et NS-4. L'impact des épis est aussi sensiblement négatif au NS-3, mais la déposition de sédiment reste présente. La différence de l'impact des épis à l'élévation 3,32 et 2 m n'est vraiment pas significative pour les secteurs NS-1 à NS-4 (inférieur à 1 mm) tandis que cette différence est de l'ordre de 2 mm pour le secteur NS-5.

Le tableau 5-1 montre que la présence d'épis de 3,32 m fait augmenter la déposition d'environ 12 mm en moyenne au point NS-5 et fait augmenter l'érosion d'environ 1 mm annuellement (ou perte en sédimentation de 1 mm annuellement) aux endroits NS-2 et NS-4. Cependant, au point NS-3, la déposition reste présente, mais la hauteur est réduite de 3,3 mm (sans épis) à environ 0,7 mm annuellement (avec épis). Aucune variation notable n'est observée au point NS-1.



SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

La hauteur des épis (3,32 m versus 2,00 m) a un impact maximal d'environ 1,3 mm (9,6 mm-8,3 mm) sur la déposition, ce qui correspond à NS-5.

Figure 5-4 Comparaison de la balance érosion/sédimentation pour l'année standard

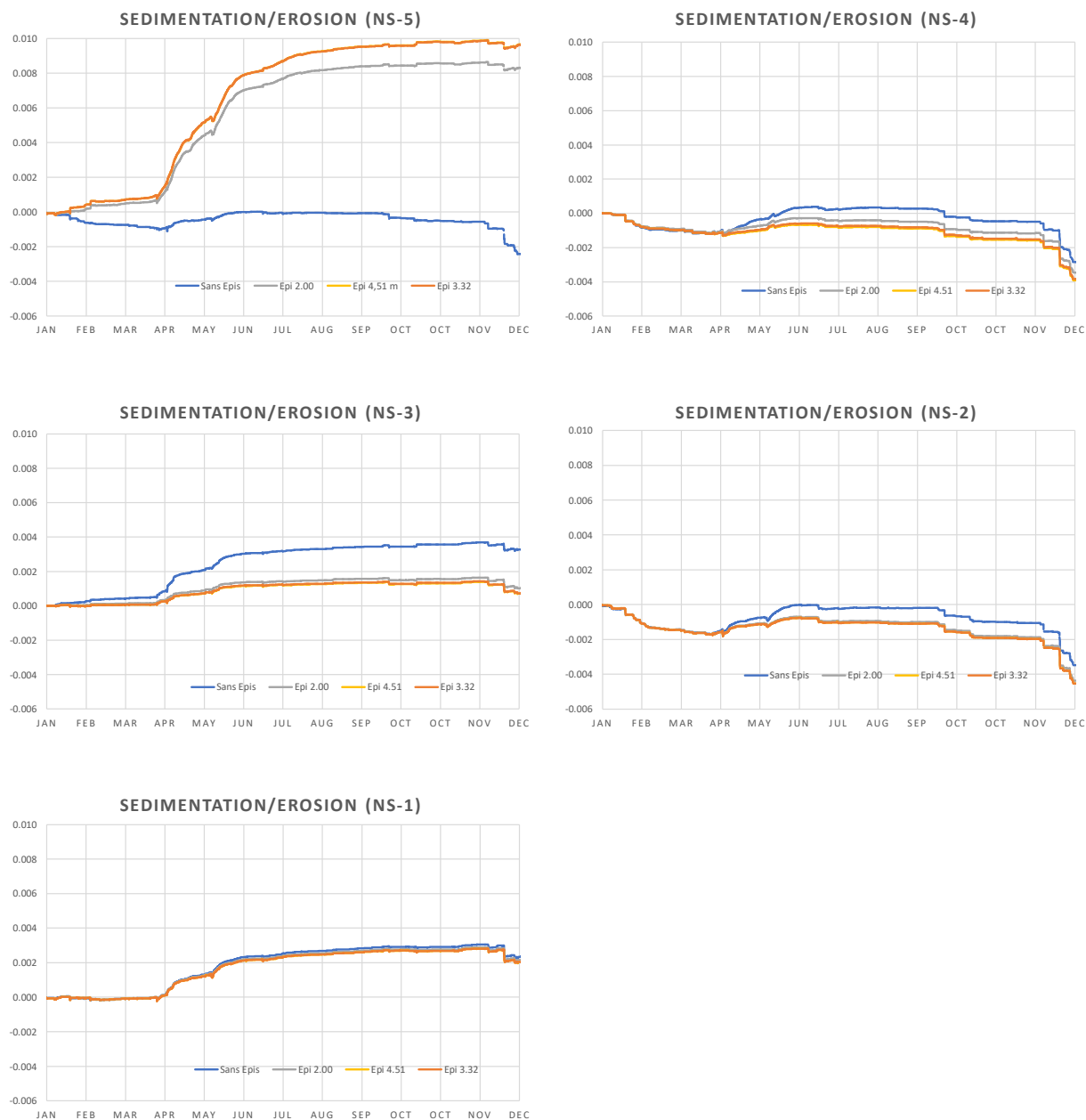


Tableau 5-1 Balance annuelle érosion (-) et déposition (+)

	Variation du fond (mm)				
	NS-1	NS-2	NS-3	NS-4	NS-5
Sans Épis	+2.3	-3,5	+3,3	-2,8	-2,4
Épis 3,32 m	+2.0	-4,5	+0,7	-3,8	+9,6
Épis 2,00 m	+2.1	-4,4	+1,0	-3,5	+8,3
Épis 4,51 m	+2.0	-4,5	+0,7	-3,9	+9,6



6.0 RÉSULTATS DES NIVEAUX D'EAU

Les figures 6-1 à 6-3 présentées dans cette section montrent la variation annuelle de l'an 2000 des niveaux d'eau aux points de contrôle (NS-1 à NS-5). Les niveaux d'eau aux points de contrôle sont très fortement influencés par les marées, mais également impactés par le débit du fleuve.

Les figures montrent la comparaison entre les différents scénarios modélisés, il s'avère que la mise en place des épis ne cause pas de variation du niveau d'eau aux points de contrôle, selon les résultats de la simulation.

Le tableau suivant présente les niveaux maximums atteints aux points de contrôle. Il est à noter que les niveaux avec les épis des scénarios 3 et 4 sont identiques aux niveaux du scénario 2.

Tableau 6-1 Simulation de l'année 2000, niveaux maximums d'eau (m)

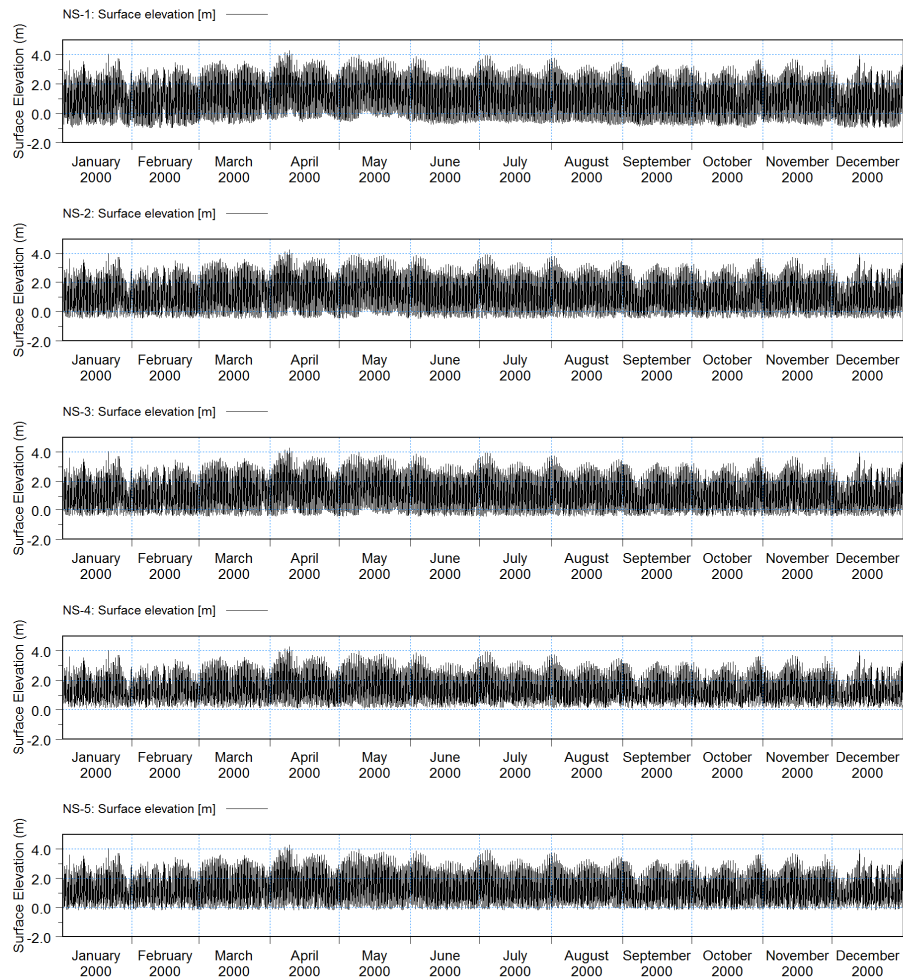
	NS-1	NS-2	NS-3	NS-4	NS-5
Sans Épis	4 284	4 283	4 281	4 280	4 278
Épis 3,32 m	4 285	4 284	4 281	4 282	4 272



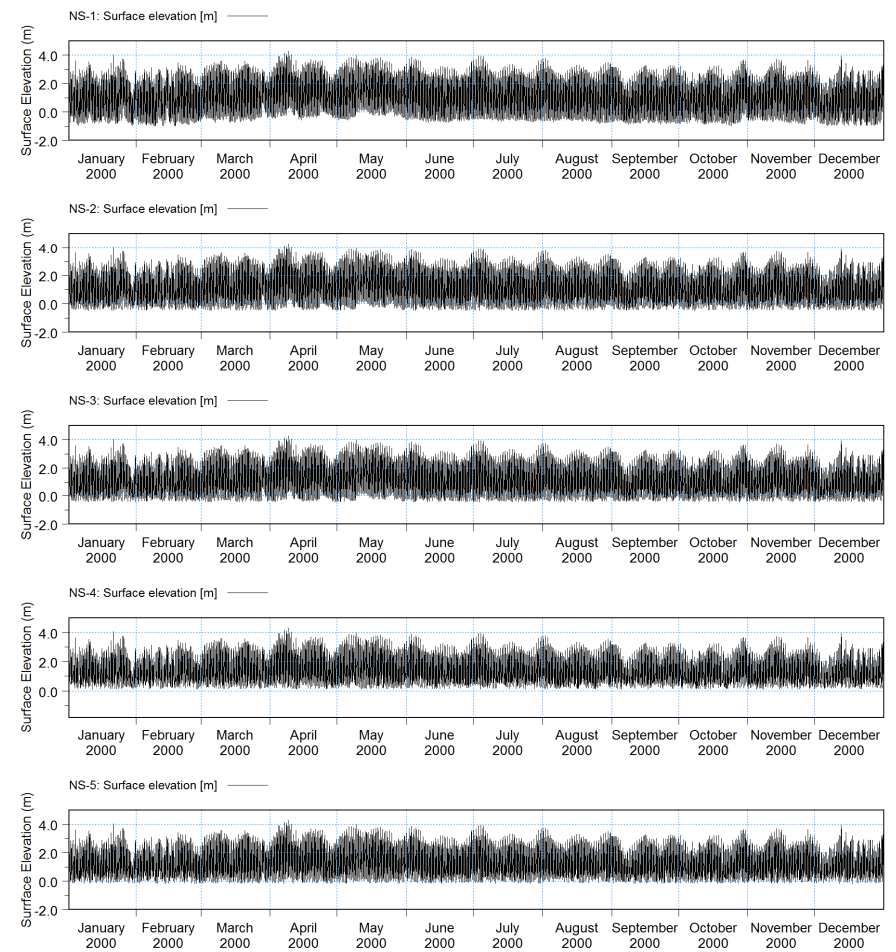
SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 6-1 Niveau d'eau – Comparaison Scénario 2 et Scénario 1

Scénario 1 (sans épi)



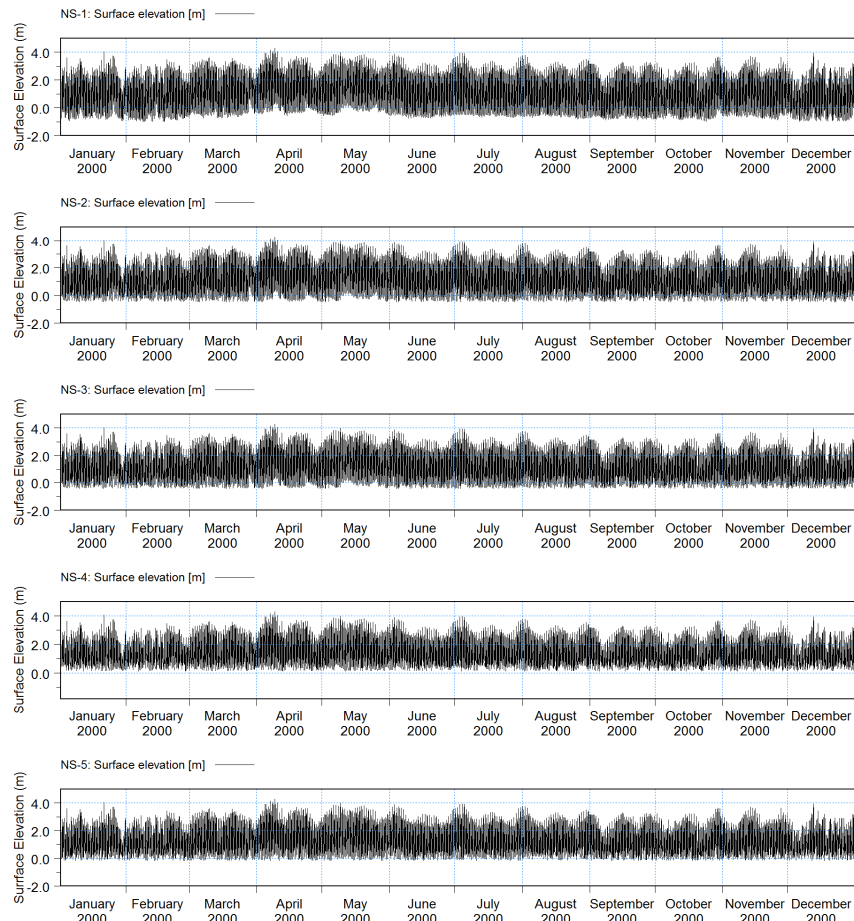
Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



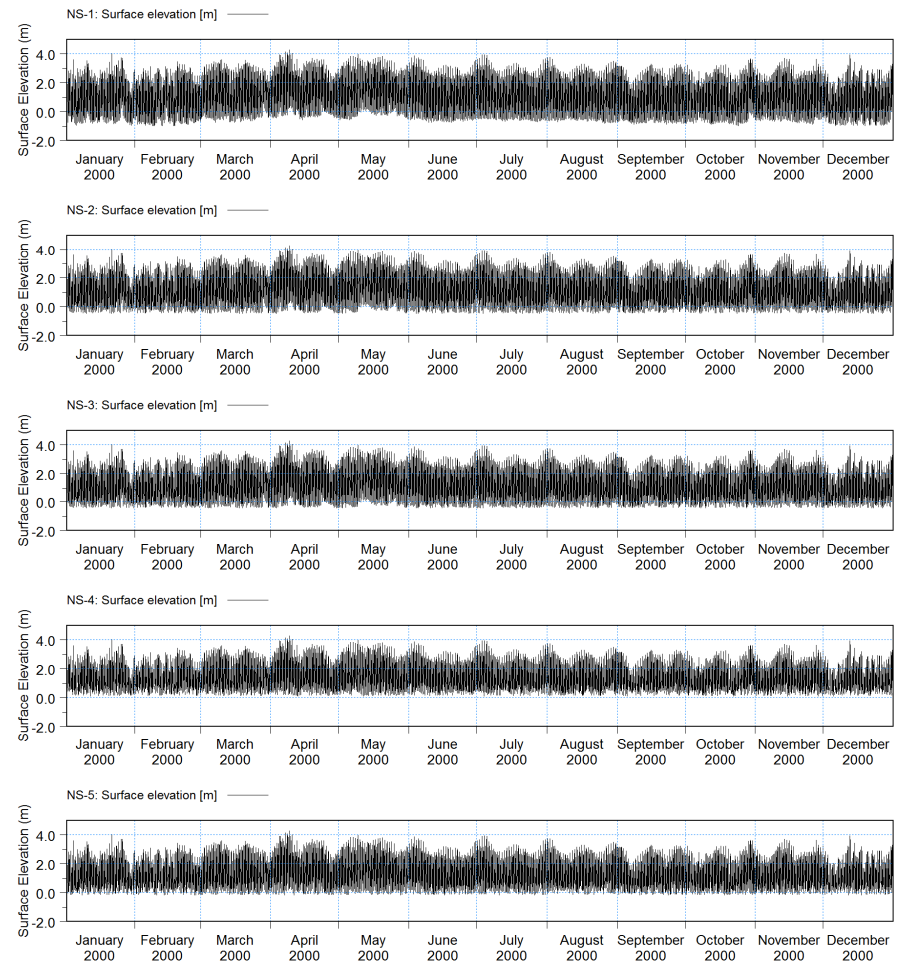
SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 6-2 Niveau d'eau – Comparaison Scénario 3 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



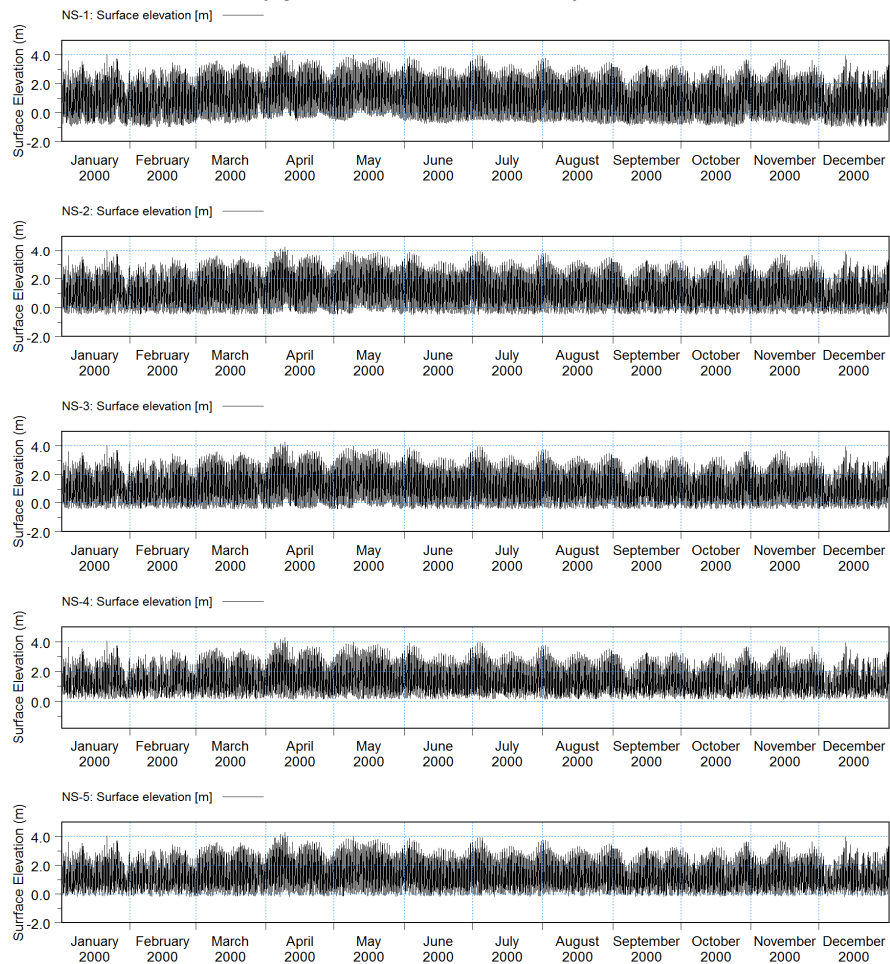
Scénario 3 (épis à l'élévation 2,00 m)



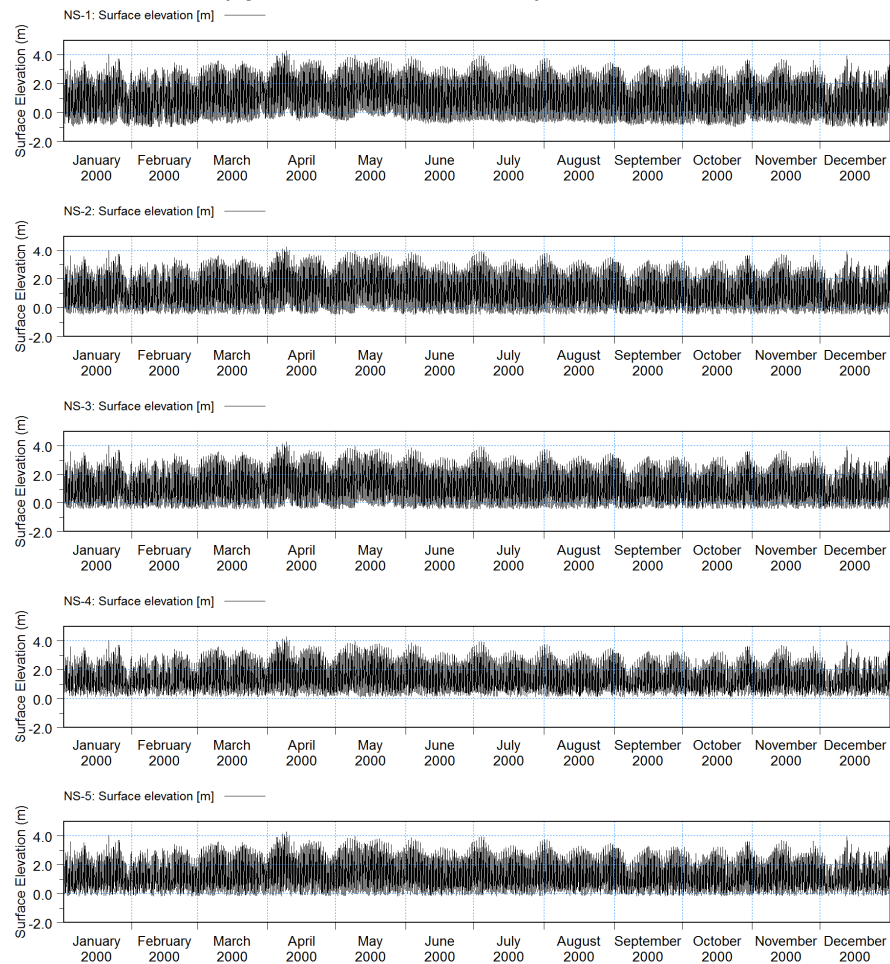
SIMULATIONS ADDITIONNELLES POUR L'ÉTUDE HYDRAULIQUE, MODÉLISATION 2D ET SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES DE LA PLAGE JACQUES-CARTIER

Figure 6-3 Niveau d'eau – Comparaison du Scénario 4 et Scénario 2

Scénario 2 (épis à l'élévation 3,32 m)



Scénario 4 (épis à l'élévation 4,51 m)



7.0 CONCLUSIONS

7.1 PERTINENCE DES ÉPIS

La mise en place des épis est justifiée, car en comparant le scénario 1 sans épi avec les scénarios avec épis, les constats suivants ont été observés :

- Vitesse
 - Les vitesses du tronçon 6 sont diminuées par la mise en place des épis. La mise en place des épis augmente significativement la zone de la vitesse presque nulle (0 m/s), mais n'a pas d'impact sur l'écoulement au large (centre du fleuve).
- Hauteur de vagues :

L'implantation des épis a un rôle positif dans la réduction de la hauteur des vagues et dont l'atténuation des impacts des vagues sur les talus. Les épis peuvent donc réduire la hauteur des vagues à l'est des épis lors des tempêtes de l'ouest et réduire la hauteur des vagues à l'ouest des épis lors des tempêtes de l'est. Le rôle des épis se résume en terme général comme suit :

 - Épi A : L'épi A protège le tronçon 4 des vents provenant de l'est et le tronçon 5 du vent de l'ouest ;
 - Épi B : L'épi B protège le tronçon 6 des vents provenant de l'est et le tronçon 7 des vents provenant de l'ouest.
- Sédimentation/érosion :
 - Épi A : La présence de l'épi A entraîne un déplacement des zones d'érosion et de sédimentation. L'érosion est réduite et déplacée en amont de l'épi A et la sédimentation est déplacée en aval de l'épi A. La sédimentation est déplacée aux tronçons 5 et 6, donc cet épi améliore la formation d'une plage à ces endroits ;
 - Épi B : La présence de l'épi B augmente significativement la sédimentation en aval de l'épi B. Elle diminue aussi l'érosion en amont de l'épi et entraîne en parallèle l'extension de la zone de sédimentation du tronçon 6. La mise en place de l'épi B favorise donc la formation de plages aux tronçons 6 et 7.
- Niveau d'eau : La mise en place des épis ne cause pas de variation du niveau d'eau.

Les simulations ont été réalisées avec les épis A et B ayant des longueurs respectives de 100 et 150 m. Pour obtenir les mêmes résultats, ces longueurs doivent être implantées lors des travaux.



7.2 HAUTEUR DES ÉPIS

Les simulations avec les différentes hauteurs suivantes pour les épis ont été faites : 2,00 m, 3,32 m et 4,51 m. Les constats suivants ont été obtenus :

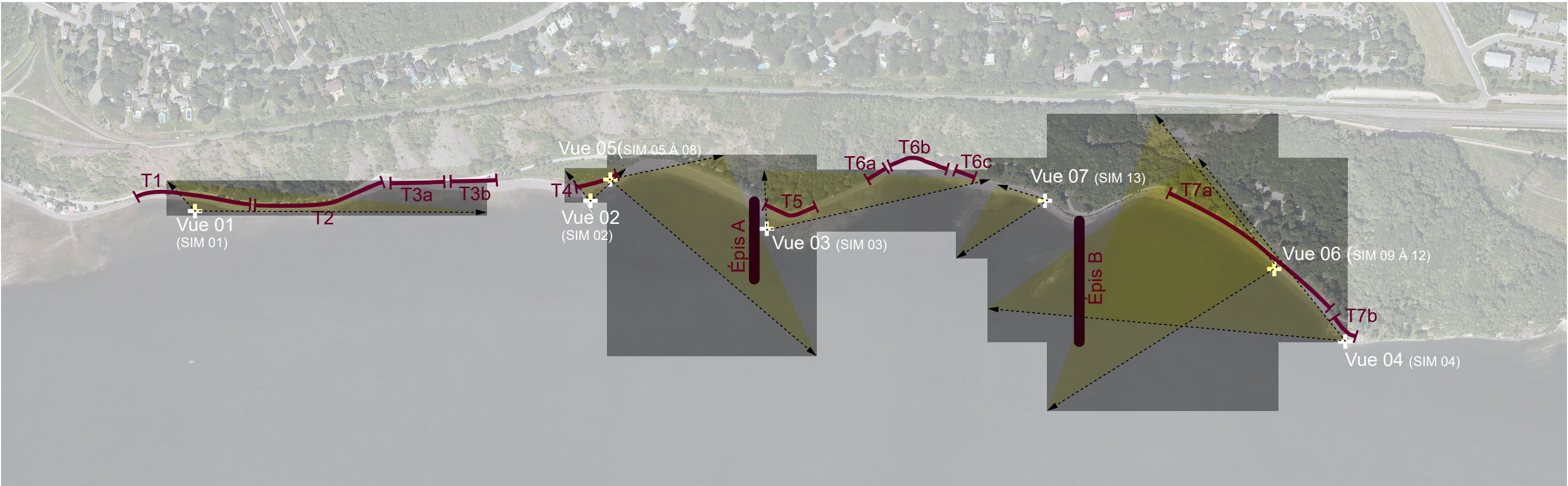
- Vitesse : Les différences entre les trois scénarios avec épis sont minimales.
- Hauteur de vagues : L'épi à une hauteur de 3,32 m implique des vagues moins hautes en provenance du sud-ouest au tronçon 7 comparativement à un épi d'une hauteur de 2,00 m. Des vagues moins hautes impliqueraient l'aménagement d'une intervention de protection moins haute dans le talus de la plage. La mise en place d'un épi à une hauteur plus haute que 3,32 m n'améliore pas les conditions de vagues et ne semble donc pas justifié.
- Sédimentation/érosion : Les différences entre les deux scénarios avec les épis aux niveaux 3,32 m et 4,51 m) sont minimales sur une année moyenne. L'amélioration est plus importante avec les épis au niveau 3,32 m par rapport aux épis au niveau 2,00 m. L'amélioration entraînée par les épis est plus importante pour le tronçon 7 et un peu moins pour le tronçon 4.
- Niveau d'eau : Les différences entre les trois scénarios avec épis sont minimales.

La hauteur de 3,32 m avait été précédemment choisie, car elle correspond à la marée haute moyenne, dans le but d'assurer une protection durant les événements de fortes tempêtes à marée haute (événement extrême). Des épis à une élévation inférieure offriraient une moins grande protection lors des fortes tempêtes, comparativement à des épis plus hauts.



Annexe G **SIMULATIONS VISUELLES**





INDEX DES VUES

- **SIM 01** - Vue à partir de la plage à marée basse vers les tronçons 1, 2, 3a et 3b (Vers Nord) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 02** - Vue à partir de la plage à marée basse vers le tronçon 4 (Vers Nord-Ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 03** - Vue à partir de la plage à marée basse vers les tronçons 5 et 6a, 6b et 6c (Vers N-O) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 04** - Vue vers l'épi B et les tronçons 6a, 6b, 6c et 7a depuis l'extrémité Est du tronçon 7b (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 05** - Vue vers les épis A et B (2 mètres de haut) depuis le tronçon 4 à marée basse (Vers le Nord) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 06** - Vue vers les épis A et B (4.51 mètres de haut) depuis le tronçon 4 à marée basse (Vers le Nord) - **AVANT ET APRÈS**
- **SIM 07** - Vue vers les épis A et B (3.32 mètres de haut) depuis le tronçon 4 à marée haute (Vers le Nord) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 08** - Vue vers les épis A et B (4.51 mètres de haut) depuis le tronçon 4 à marée haute (Vers le Nord) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 09** - Vue vers les épis B et A (2 mètres de haut) depuis le tronçon 7a à marée basse (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 10** - Vue vers les épis B et A (4.51 mètres de haut) depuis le tronçon 7a à marée basse (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 11** - Vue vers les épis B et A (3.32 mètres de haut) depuis le tronçon 7a à marée haute (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 12** - Vue vers les épis B et A (4.51 mètres de haut) depuis le tronçon 7a à marée haute (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**
 - **SIM 13** - Vue vers l'épis A (3.32 mètres de haut) depuis l'épis B (Vers l'ouest) - **AVANT ET APRÈS**



AVANT



APRÈS

Tronçon 1

Notes:

- Génie végétal: Les simulations du génie végétale représentent la situation prévue après 2 années de croissance.

Tronçon 2

Tronçon 3

Épis A



Stantec Experts-conseils ltée
1260, boul. Lebourgneuf, bureau 250
Québec (Québec) G2K 2G2
Tél. 418.626.1688
www.stantec.com

- Heure de prise de vue: 8:39 AM
- Date de prise de vue: 9/22/2019
- Coordonnées de la prise de vue: X = 241107.4051 Y = 5178900.5233
- Hauteur de la marée: 0.8 m (référence zéro des cartes)

Nom fichier: 2019.02.21_167040090_COUPES.DWG		2019-02-26
		AAAA.MM.JJ
Camille Zaroubi	Camille Zaroubi	
Préparé	Dessiné	
Mario Heppell	Joëlle Duguay	
Vérifié	Chargé de projet	

Client/Projet
VILLE DE QUÉBEC

ÉTUDE D'IMPACT, PLAGE
JACQUES-CARTIER
QUESTIONS MELCC

Titre
Vue à partir de la plage à marée basse vers les
tronçons 1, 2, 3a et 3b (Vers Nord)

N° Projet	Échelle	Date Révision
167040090		1019-10-09

Révision	Feuille	N° dessin
01	de	SIM 01