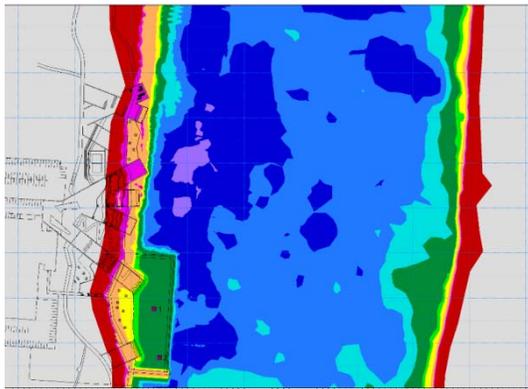




## AMÉNAGEMENT D'UNE PLAGE DANS L'ARRONDISSEMENT VERDUN

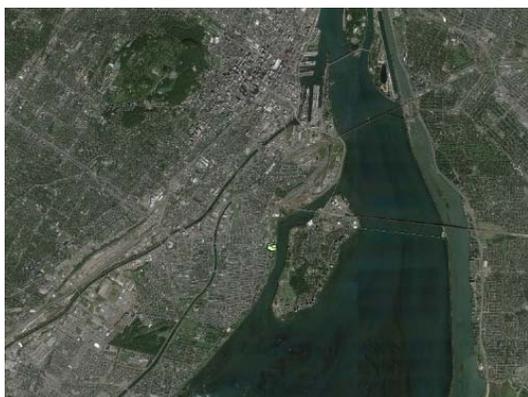
### IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT SUR LA DISPERSION DE CONTAMINANTS EN PÉRIODE DE SURVERSE

R.0103



Préparé pour:

**WAA Montréal Inc.**



23 Décembre 2016

No référence lasalle | NHC 08002306

**AMÉNAGEMENT D'UNE PLAGE DANS L'ARRONDISSEMENT DE VERDUN  
IMPACT DE L'AMÉNAGEMENT SUR LA DISPERSION DE CONTAMINANTS EN  
PÉRIODE DE SURVERSE**

**RAPPORT D'ÉTUDE R.0103**

Préparé pour:

**WAA Montréal Inc.**

Montréal, Québec

Préparé par:

**Lasalle | NHC**

Montréal, Québec

23 décembre 2016

Préparé par:



Arian Cueto Bergner, ing., M.Sc.  
Ingénieure de projets  
No. OIQ 143692



Tristan Aubel, ing., M.Ing.  
Ingénieur de projets, associé  
No. OIQ 129611

## CLAUSE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Lasalle|NHC de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de la firme **WAA Montréal Inc.** et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet **Aménagement d'une plage locale, urbaine et écologique dans l'arrondissement de Verdun**. Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Lasalle|NHC. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Lasalle|NHC et ses directeurs, associés, employés et mandataires n'assument aucune responsabilité à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par des parties autres que **WAA Montréal Inc.**

---

## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	I
LISTE DE FIGURES .....	II
1 INTRODUCTION – MISE EN CONTEXTE .....	1
2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	3
3 ANALYSE SOMMAIRE DES SURVERSES .....	4
4 MODÉLISATION DE LA DISPERSION DE CONTAMINANTS.....	7
4.1 Hypothèses de modélisation et calibrage.....	7
4.2 Scénarios de modélisation .....	7
4.3 Résultats.....	7
5 CONCLUSION .....	16
RÉFÉRENCES .....	17

## LISTE DE FIGURES

Figure 1: Localisation générale du site à l'étude.....	1
Figure 2 : Vue en plan du projet proposé.....	2
Figure 3 : Localisation des surverses .....	4
Figure 4 : Hydrogrammes observés, moyen et moyen majoré pour l'ouvrage Alepin .....	5
Figure 5 : Hydrogrammes observés, moyen et moyen majoré pour l'ouvrage 1ère Avenue .....	6
Figure 6 : Localisation des points témoins d'extraction des séries temporelles (points 1 et 2) .....	8
Figure 7 : Série temporelle de la concentration aux deux points témoins dans la future zone de baignade.....	9
Figure 8 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) lors de la pointe des hydrogrammes des surverses.....	11
Figure 9 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 10 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses .....	12
Figure 10 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 20 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses .....	13
Figure 11 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 30 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses .....	14
Figure 12 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) après 33 heures.....	15

## 1 INTRODUCTION – MISE EN CONTEXTE

La Ville de Montréal projette des travaux d'aménagement d'une plage locale, urbaine et écologique dans l'arrondissement de Verdun. Ce projet, legs du 375<sup>ème</sup> de la Ville de Montréal, a pour objectif de créer un milieu de vie familial et de qualité tout en mettant en valeur les berges du fleuve Saint-Laurent. Située à l'extrémité Sud-ouest de l'île de Montréal, entre les rues Galt et Hickson à proximité de l'auditorium de Verdun, cette plage s'intègre dans le parc riverain existant d'une longueur de 14 km (figure 1).



**Figure 1: Localisation générale du site à l'étude**

Dans le cadre du projet de la plage de Verdun, il est prévu de mettre en place un épi, typiquement perpendiculaire au courant du chenal de l'île de Sœurs, afin de créer une zone de très faibles vitesses d'écoulement propices à une baignade en toute sécurité (figure 2). Toutefois la présence de l'épi soulève des préoccupations au MDDELCC concernant la problématique des surverses dans le fleuve Saint-Laurent qui se produisent en amont du site en période de pluies importantes lorsque la capacité du réseau d'égout est excédée. Les eaux provenant des surverses sont alors chargées de contaminants (notamment les coliformes fécaux) affectant la qualité de l'eau pendant une certaine durée qui dépend essentiellement des mécanismes de mélange et de dilution du panache consécutif au rejet dans le cours d'eau.

Les faibles vitesses du patron d'écoulement induit par l'épi auront alors tendance à ralentir le renouvellement de l'eau et potentiellement à favoriser l'accumulation des contaminants en période de surverses. Cette problématique pourrait alors avoir un impact sur la durée des avis d'interdiction de baignade.

L'objectif de la présente étude est essentiellement d'évaluer, à l'aide de modélisation numérique bidimensionnelle, les conditions de dispersion du panache de contaminant dans la zone du projet de plage afin de déterminer l'impact relatif de la présence de l'épi, par rapport aux conditions actuelles, sur le temps requis pour retrouver des conditions acceptables de qualité de l'eau.

Le présent rapport est divisé en 5 chapitres. Le chapitre 2 décrit l'approche méthodologique, le chapitre 3 présente une analyse sommaire des surverses considérées, le chapitre 4 traite de la modélisation numérique et fait état des résultats, finalement le chapitre 5 présente les conclusions.

Il est important de noter que le présent rapport constitue un complément au rapport d'étude des aspects hydrodynamiques et des glaces effectuée par Lasalle |NHC dans le cadre du projet de développement de la plage de Verdun en 2016 [1].

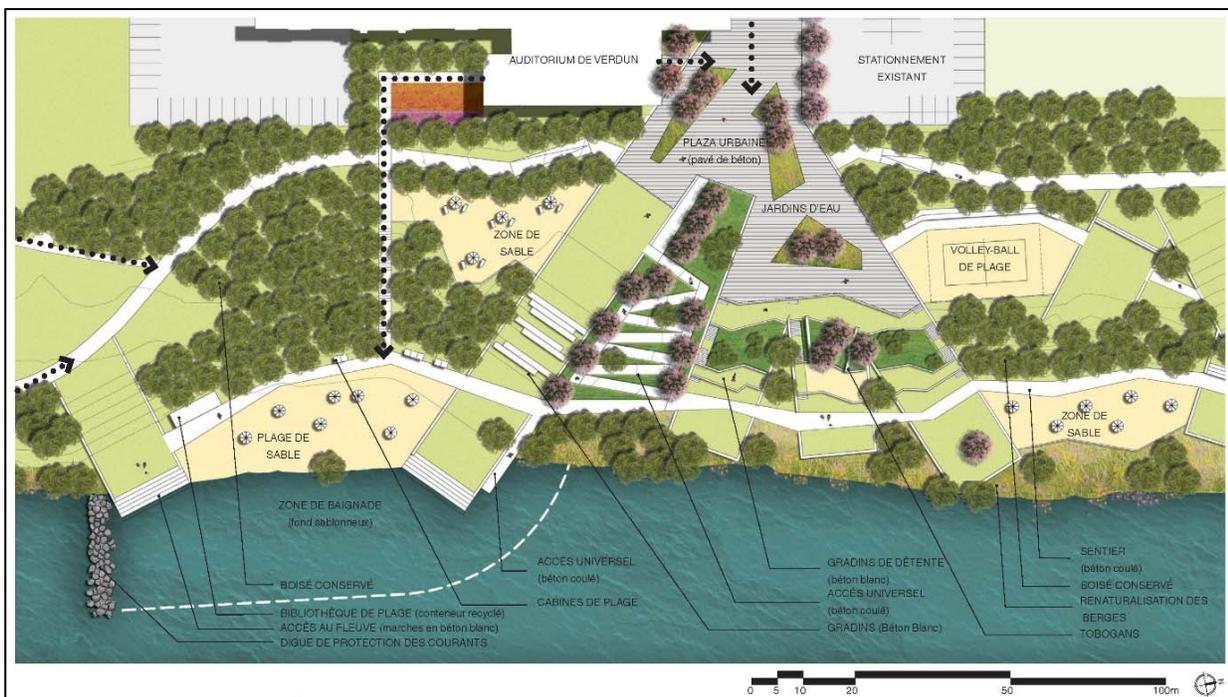


Figure 2 : Vue en plan du projet proposé

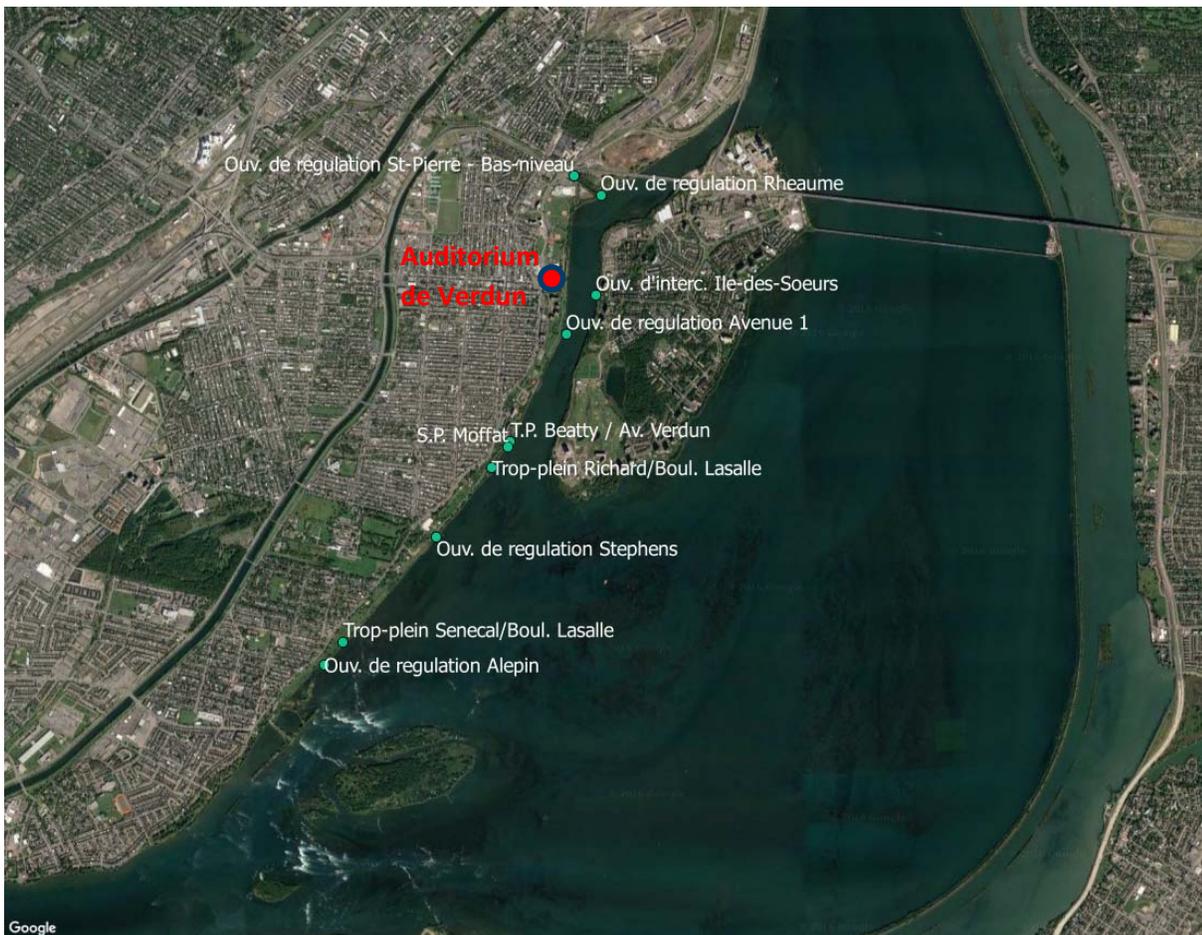
## 2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Tel que mentionné en introduction l'objectif principal de l'étude est d'évaluer l'impact de l'épi sur la dispersion du panache de contaminants issu des points de surverses en amont du site de la plage de Verdun. Afin de rencontrer cet objectif, la méthodologie adoptée a été articulée selon les étapes suivantes :

- Analyse sommaire des surverses, établissement du scénario de simulation :
  - Identification des points de surverse en amont du site : la position et les dimensions de chaque ouvrage de surverse ont été déterminées à l'aide des données fournies par le service de l'eau de la ville de Montréal. Les ouvrages de surverse les plus importants, qui conduisent donc aux plus forts débits, ont été retenus;
  - Historique des surverses : sur la base des données fournies par le service de l'eau de la Ville de Montréal les surverses survenant entre le 15 juin et le 15 septembre ont été dénombrées pour chacun des ouvrages. Ces données ont ensuite été utilisées pour élaborer le scénario à simuler;
  - Hydrogramme des surverses : pour les ouvrages de surverses retenus, les hydrogrammes fournis par le service de l'eau de la Ville de Montréal ont été analysés afin d'établir l'hydrogramme caractéristique à intégrer au scénario de simulation.
  - Revue bibliographique afin de déterminer l'ordre de grandeur de la concentration de coliformes fécaux dans l'émissaire au moment de la surverse (concentration initiale), le seuil de qualité est quant à lui établi à 200 unité/100 ml;
- Modélisation numérique : utilisation du modèle numérique MIKE 21 mis au point dans le cadre de l'étude des aspects hydrodynamiques liés à l'aménagement de la plage (on renvoie au rapport de cette étude pour tous les détails sur la modélisation [1]). Des sources, par lesquelles sont injectées les charges de contaminants (soit la combinaison de l'hydrogramme caractéristique et de la concentration initiale), sont intégrées au modèle à la position des points de surverses. Le module de transport (advection-dispersion) de MIKE 21 est ensuite utilisé pour calculer la dispersion du panache de contaminant dans le milieu. Les résultats, sous forme de séries temporelles de la concentration dans la future zone de baignade, de cartes de contours de concentration ainsi que d'animations, présentent l'évolution temporelle du panache bidimensionnel.

### 3 ANALYSE SOMMAIRE DES SURVERSES

Les ouvrages de surverse localisés à proximité du projet de la plage de Verdun ont été identifiés à l'aide des données fournies par le service de l'eau de la Ville de Montréal et sont illustrés à la figure 3. Parmi ces ouvrages, huit sont situés en amont du site et deux sont situés en aval du site et n'ont donc aucune influence dans la zone du projet. Les ouvrages de régulation d'Alepin, Stephens et 1ère Avenue sont largement les plus importants du secteur en amont du site de la plage, drainant respectivement 1005 ha, 209 ha et 148 ha et conduisant donc aux plus forts débits rejetés au fleuve. À titre de comparaison, les autres ouvrages (trop pleins) ne drainent que des superficies inférieures à 10 ha.



**Figure 3 : Localisation des surverses**

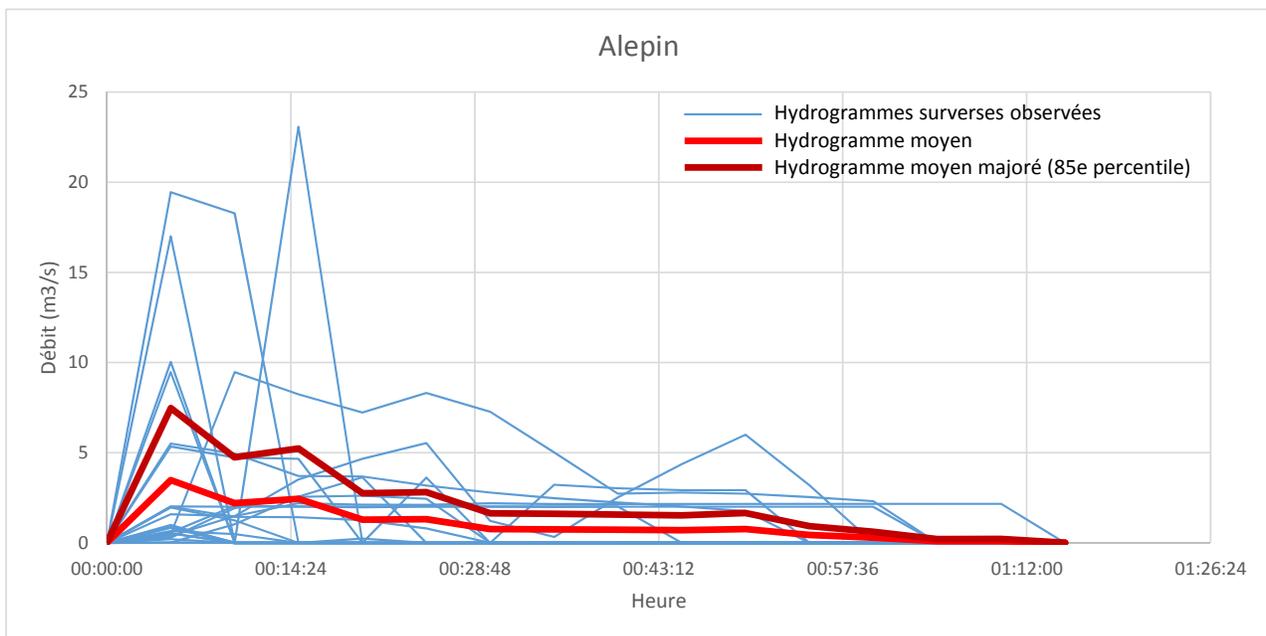
Sur la base des données de volumes débordés fournies par le service de l'eau de la Ville de Montréal pour les années 2009 à 2016 inclusivement, les surverses observées entre le 15 juin et le 15 septembre ont été dénombrées tel qui suit :

- Ouvrage de régulation Alepin seulement : 9 cas de surverses
- Ouvrage de régulation Stephens seulement : 4 cas de surverses

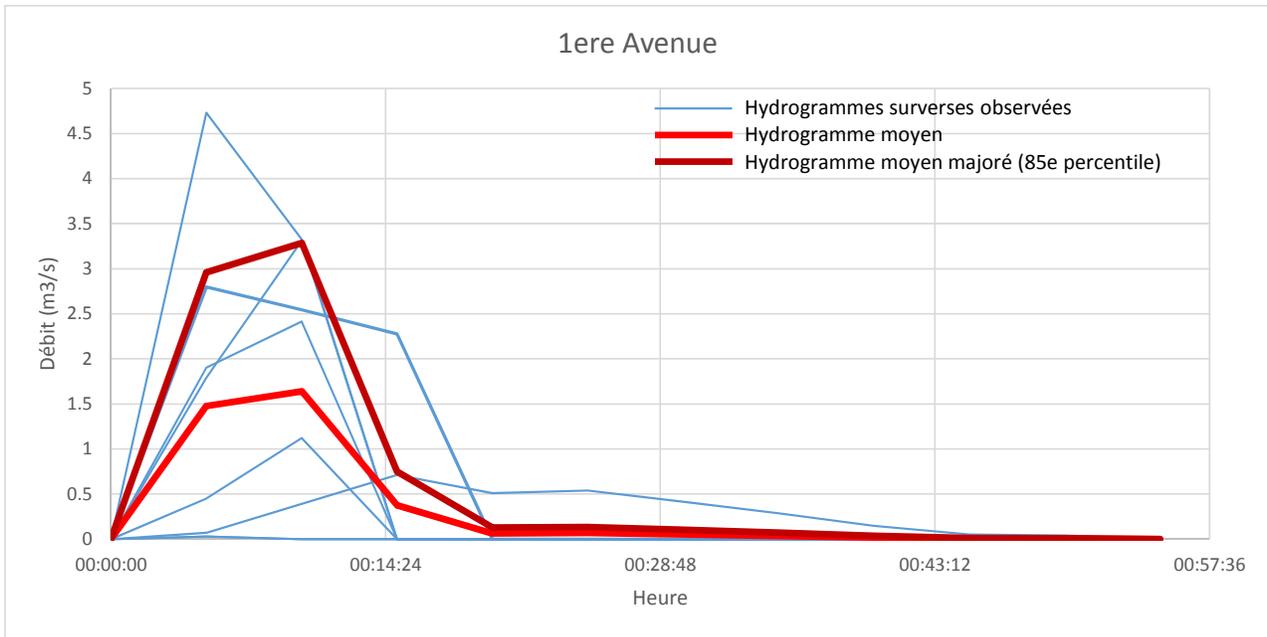
- Ouvrage de régulation 1ère Avenue seulement : 2 cas de surverses
- Ouvrages de régulation Alepin et Stephens simultanément : 4 cas de surverses
- Ouvrages de régulation Alepin et 1ère Avenue simultanément : 2 cas de surverses
- Ouvrages de régulation Stephens et 1ère Avenue simultanément : 3 cas de surverses
- Ouvrages de régulation Alepin, Stephens et 1ère Avenue simultanément : aucun cas de surverses

En analysant la localisation et la fréquence des cas de surverses observés, les ouvrages de régulation d’Alepin et de 1ère Avenue ont été sélectionnés pour le scénario à simuler. En effet, l’ouvrage d’Alepin a la plus grande fréquence de débordement, ainsi que le débit le plus important, et l’ouvrage de 1ère Avenue est localisé le plus près de la plage (environ 600 m), les rendant plus portés à impacter la zone du projet.

Pour les deux ouvrages de régulation retenus, des hydrogrammes caractéristiques ont été élaborés en calculant un hydrogramme moyen pour l’ensemble des surverses observées, puis en majorant cet hydrogramme pour correspondre au 85<sup>ème</sup> percentile de volume débordé pour l’ensemble des événements. Les figures 4 et 5 présentent les hydrogrammes observés, moyens et moyens majorés pour les ouvrages de régulation d’Alepin et 1ère Avenue respectivement. Les deux hydrogrammes moyens majorés ont été appliqués simultanément dans les simulations réalisées.



**Figure 4 : Hydrogrammes observés, moyen et moyen majoré pour l’ouvrage Alepin**



**Figure 5 : Hydrogrammes observés, moyen et moyen majoré pour l'ouvrage 1ère Avenue**

## 4 MODÉLISATION DE LA DISPERSION DE CONTAMINANTS

### 4.1 Hypothèses de modélisation et calibrage

On ne dispose pas de mesures détaillées de la concentration au cours du temps à la suite d'épisodes de surverse sur lesquelles il est possible de valider le modèle. Toutefois, compte tenu des caractéristiques de l'écoulement dans la zone d'intérêt, il est possible de poser l'hypothèse selon laquelle le mécanisme dominant du transport des contaminants est l'advection, c'est-à-dire le transport par les courants plutôt que par diffusion (on considère le contaminant comme étant conservatif). Or le modèle hydrodynamique (champ des vitesses des courants et niveaux d'eau) a été calibré sur la base de mesures in-situ, ce qui signifie que le mécanisme dominant de transport est reproduit adéquatement et que l'on peut s'attendre à une évolution de la concentration représentative de la réalité dans la zone d'intérêt.

L'écoulement dans la zone d'intérêt est caractérisé par des vitesses importantes, une turbulence bien établie et des profondeurs relativement faibles, ce qui favorise le mélange rapide sur l'ensemble de la colonne d'eau et conforte l'approche bidimensionnelle.

Par ailleurs, dans le cadre d'une autre étude réalisée pour le compte de la Ville de Montréal [2], une approche similaire a pu être validée à l'aide de mesures dans le port de Montréal. Il est toutefois important de garder à l'esprit que les concentrations initiales de coliformes fécaux aux points de rejet peuvent couvrir une gamme relativement étalée et que les mesures présentent une variabilité notable pour plusieurs échantillons prélevés au même point à quelques minutes d'intervalle.

### 4.2 Scénarios de modélisation

Tel que mentionné à la section 3, les ouvrages Alepin et 1<sup>ère</sup> Avenue ont été retenus pour l'analyse de l'impact de la présence de l'épi sur la dispersion des contaminants. Ces deux ouvrages entrent en fonction simultanément trois heures après le début de la simulation et ont été caractérisés par leurs hydrogrammes moyens majorés illustrés aux figures 4 et 5. La concentration initiale est quant à elle fixée à 1 000 000 unités/100 ml tel qu'on peut le trouver dans la littérature pour une ville nord-américaine [3].

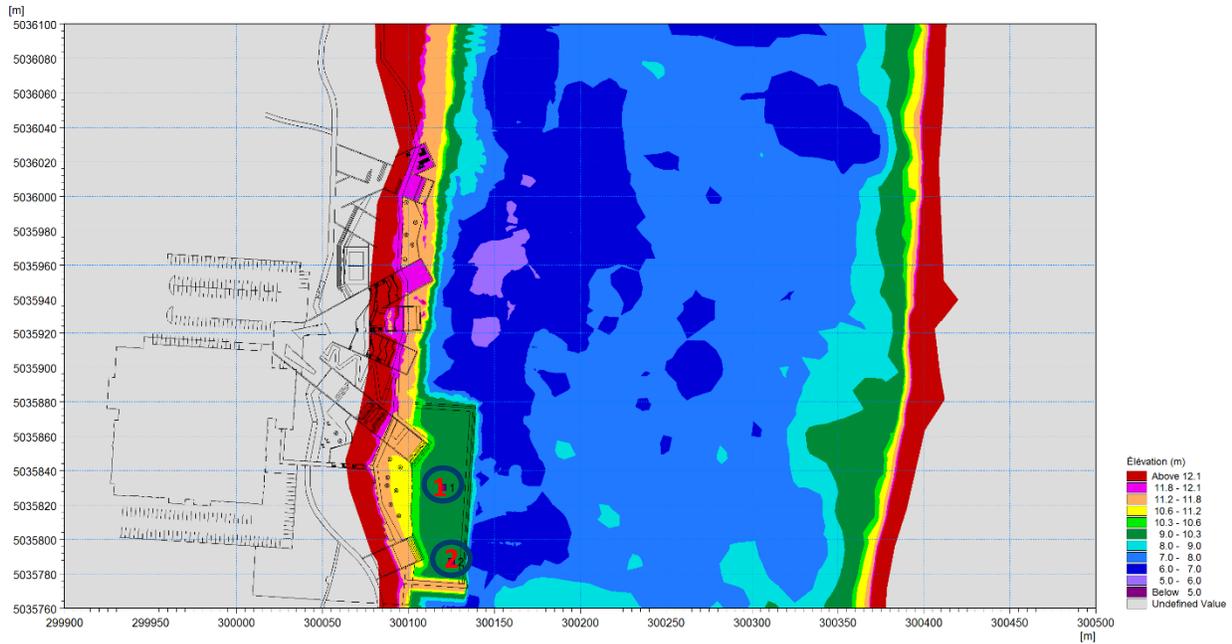
En ce qui concerne les conditions de débit du fleuve Saint-Laurent, les simulations ont été effectuées avec le débit moyen représentatif de la période de baignade, soit 8 576 m<sup>3</sup>/s. La durée totale de la simulation a été de 36 heures afin d'assurer la disparition quasi-complète des contaminants.

Les conditions actuelles (sans l'aménagement) et futures (avec aménagement) constituent les deux cas simulés pour les fins de comparaison.

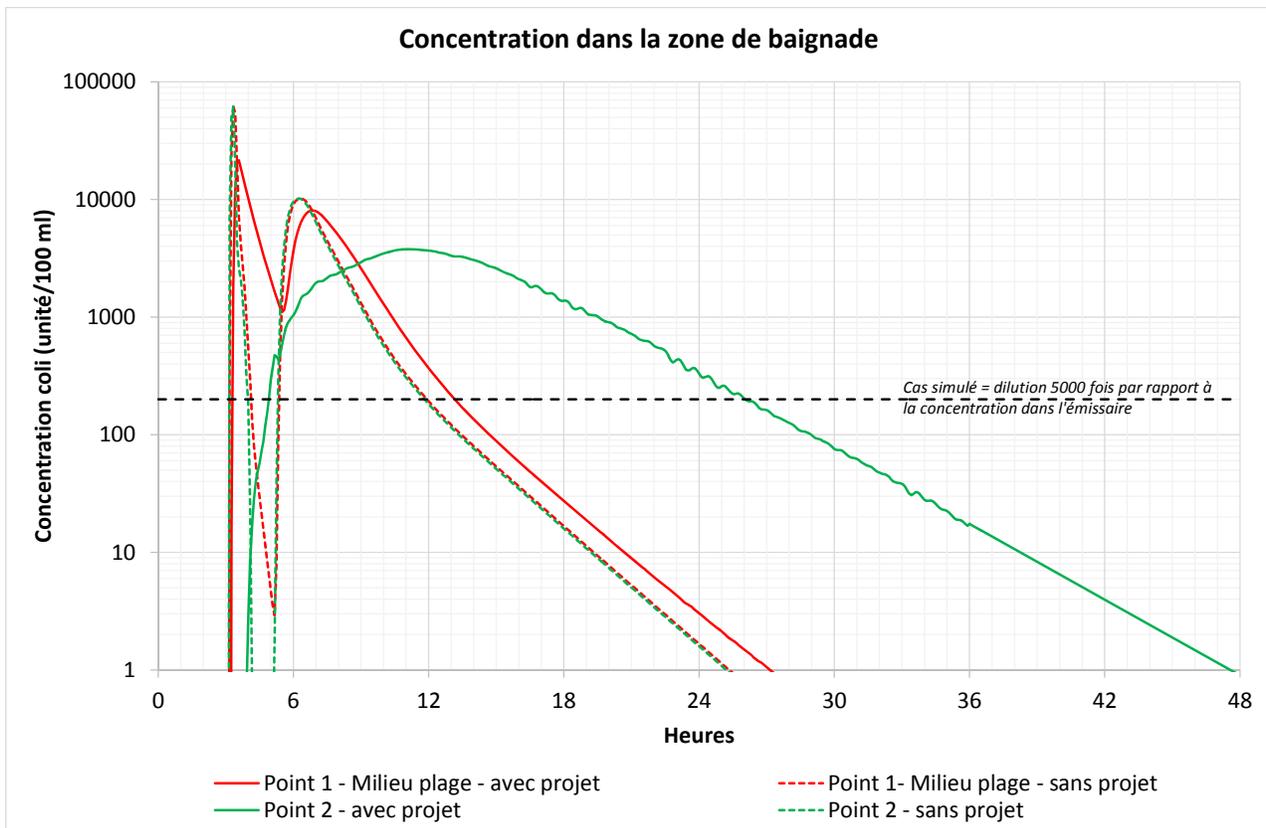
### 4.3 Résultats

Afin de pouvoir suivre l'évolution de la concentration dans la future zone de baignade, les séries temporelles de la concentration ont été extraites en deux points témoins, points 1 et 2 situés au milieu de la plage et près de l'épi respectivement, tel qu'illustré à la figure 6. La figure 7 présente quant à elle les séries temporelles de concentration à ces deux points sous forme de graphique, ainsi que la concentration seuil pour la baignade, soit 200 unités/100 ml, représentative d'un facteur de dilution de 5000 pour le cas

simulé. Les résultats indiquent que la présence du projet conduit à une légère diminution des pointes de concentration, mais la durée durant laquelle la concentration dépasse la limite requise augmente significativement, en particulier à l’aval immédiat de l’épi.



**Figure 6 : Localisation des points témoins d’extraction des séries temporelles (points 1 et 2)**



**Figure 7 : Série temporelle de la concentration aux deux points témoins dans la future zone de baignade**

Les résultats de dispersion du panache de concentration de contaminants en conditions actuelles et futures sont illustrés aux figures 8 à 12 ci-dessous à cinq instants au cours des 36 heures de simulation, soit la pointe des hydrogrammes des surverses (figure 8), dix, vingt et trente heures après la pointe (figures 9, 10 et 11) et finalement la quasi-disparition des contaminants pour les conditions futures (figure 12). Ces figures incluent également les hydrogrammes des surverses appliqués afin de situer dans le temps les résultats observés<sup>1</sup>.

Les résultats en conditions actuelles indiquent que la qualité de l'eau devient acceptable (concentration inférieure à 200 unités/100 ml) environ dix heures après la pointe de la surverse. Pour ce qui est des conditions futures, la qualité de l'eau devient acceptable sur l'ensemble de la zone de baignade environ 24 heures après la pointe de la surverse. Le contaminant disparaît beaucoup plus rapidement dans la zone adjacente au point témoin 1 avec une durée d'environ 11h, soit une valeur comparable aux résultats obtenus en conditions actuelles. Tel qu'illustré aux figures à 7 à 12, la zone du point témoin 2 est sujette à un lent renouvellement de l'eau conduisant à une augmentation de 14h de la durée de présence du contaminant à une concentration excessive.

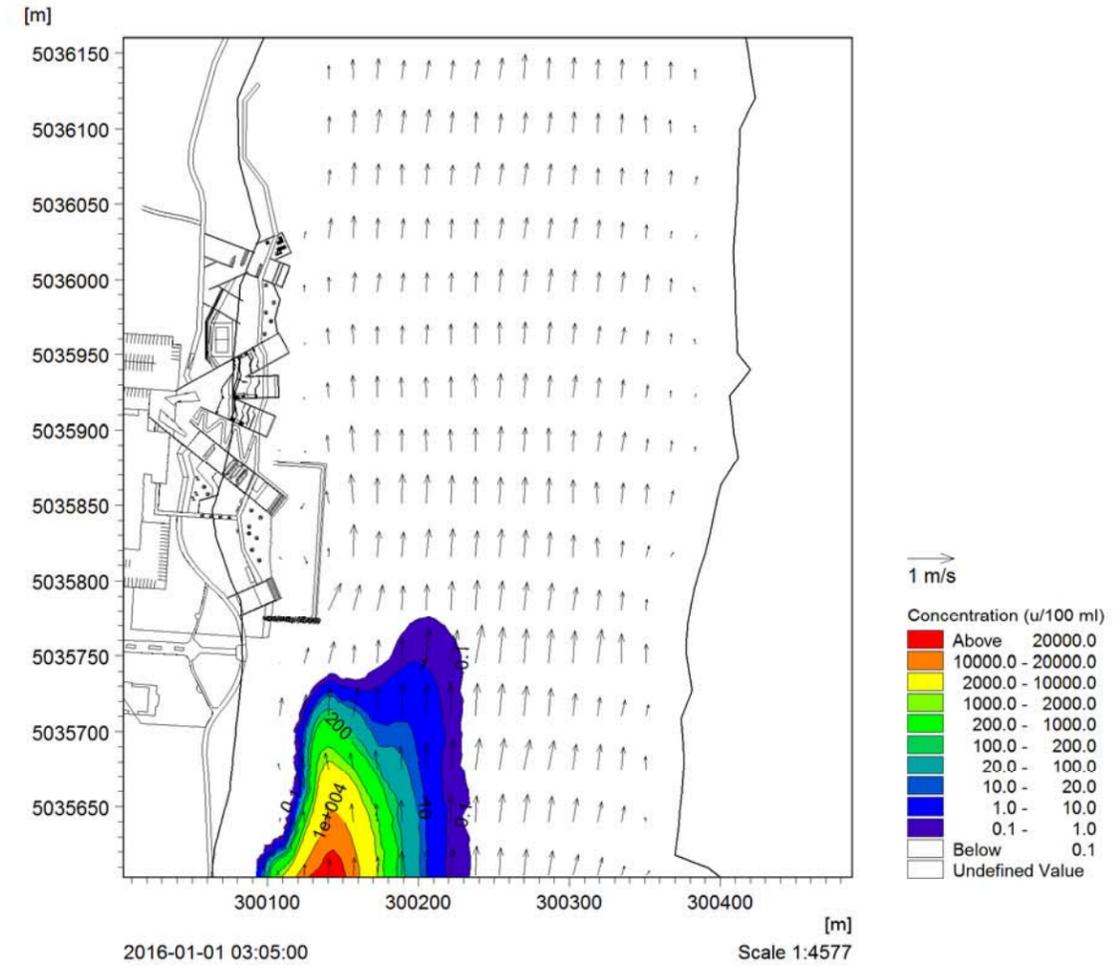
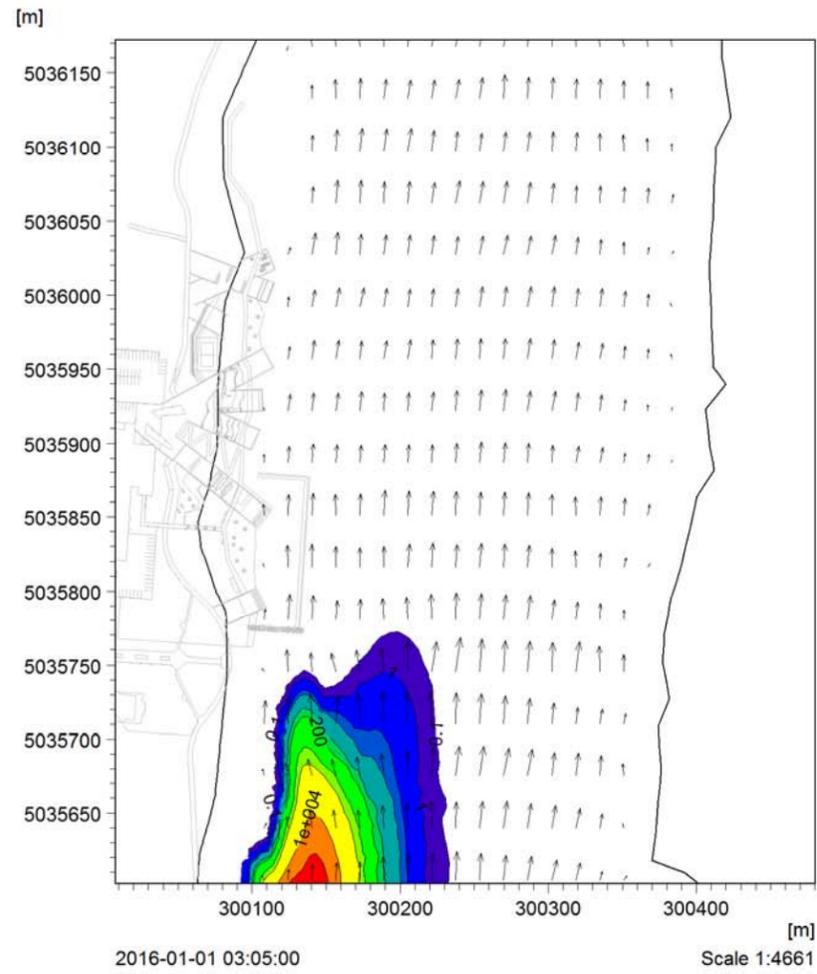
<sup>1</sup> Un lien cliquable permettant d'ouvrir un fichier d'animation de l'évolution du panache de contaminant dans la zone de la future plage de Verdun est actif dans la version électronique du rapport. Le fichier est également fourni sur un CD inclus en annexe du présent rapport.

La présence de l'épi induit, en aval de ce dernier, un patron d'écoulement caractérisé par un courant de retour dirigé vers l'amont ainsi que par une zone de très faibles vitesses immédiatement à l'aval de l'épi (voir rapport sur les conditions hydrauliques [1]). Ces faibles vitesses du patron d'écoulement induit par l'épi ralentissent significativement le renouvellement de l'eau dans cette zone et favorisent donc la rétention des contaminants près de l'épi suite à une surverse.

Il est important de rappeler qu'en réalité la concentration initiale à l'émissaire peut présenter une grande variabilité et que l'expérience montre que les mesures de qualité de l'eau en termes de concentration de coliformes fécaux peuvent également présenter une variabilité notable. Ainsi il pourrait être plus prudent de considérer un facteur de dilution supplémentaire de l'ordre de 10 pour atteindre un seuil de 20 unités/100 ml dans la zone de baignade avant de lever l'interdiction. Dans ce cas la durée requise pour que l'ensemble de la zone de baignade réponde au critère auquel on applique une dilution supplémentaire de 10 est de 32 heures, soit 8 heures de plus que pour le seuil de 200 unités/100 ml.

En somme lorsqu'une surverse caractérisée par un volume correspondant, ou inférieur, au 85<sup>ème</sup> percentile survient alors que le fleuve présente un débit moyen estival, la présence de l'épi conduit à une augmentation de 14h du temps de rétention du contaminant dans la zone de baignade.

En termes de mesures de mitigation possibles, le seul moyen d'accélérer le renouvellement de l'eau dans la zone de baignade est de rétablir des vitesses plus élevées et de supprimer le courant de retour, ce qui tendrait à exposer les baigneurs à des courants qui ne répondraient plus aux critères d'une zone de baignade (vitesses inférieures à 15 cm/s) et potentiellement dangereux. Il est alors recommandé d'intégrer dans le règlement d'opération de la plage une consigne visant à émettre un avis d'interdiction de baignade pendant au moins 32 heures afin d'assurer le renouvellement de l'eau. Actuellement il est généralement admis qu'un délai de 48 heures est à respecter après une période de pluie pour lever l'interdiction. Ce critère est plus conservateur et permet une certaine marge de sécurité. Il faut tout de même garder à l'esprit qu'au cours des 7 dernières années 9 épisodes de surverses ont eu lieu en amont du site de la plage aux ouvrages les plus significatifs, ce qui représente une moyenne de 1,3 surverses par été, soit l'équivalent de moins de 4 jours d'interdiction de baignade pour une éventuelle plage.



Animation Panache

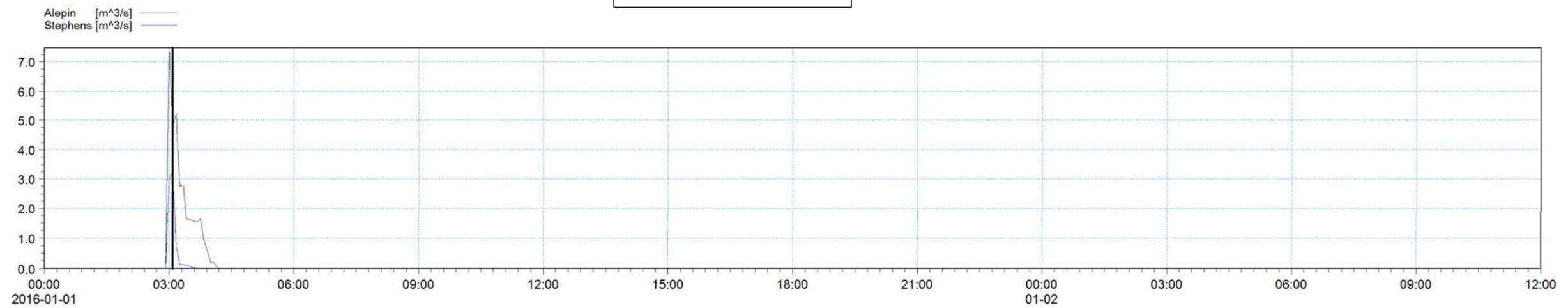


Figure 8 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) lors de la pointe des hydrogrammes des surverses

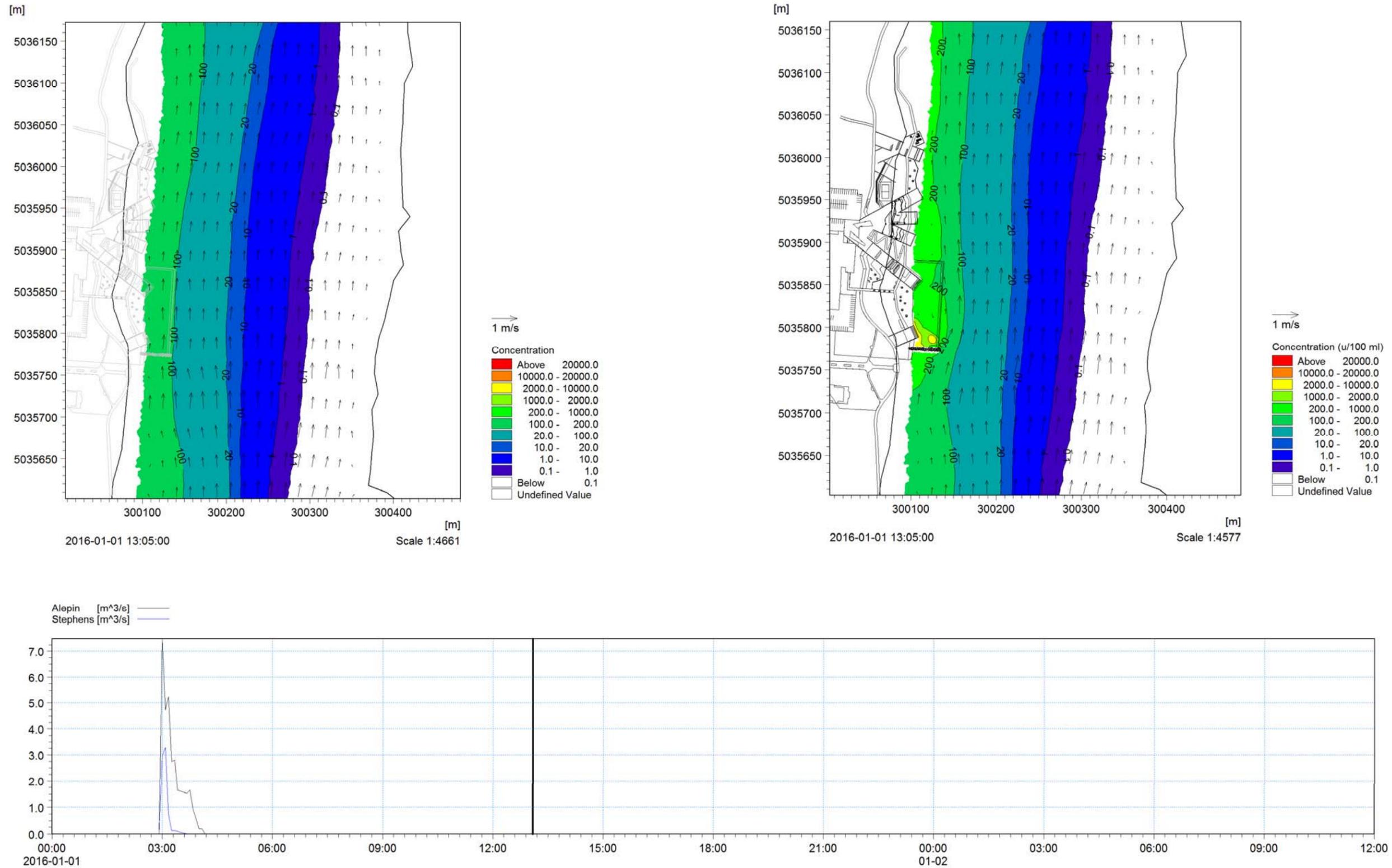


Figure 9 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 10 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses

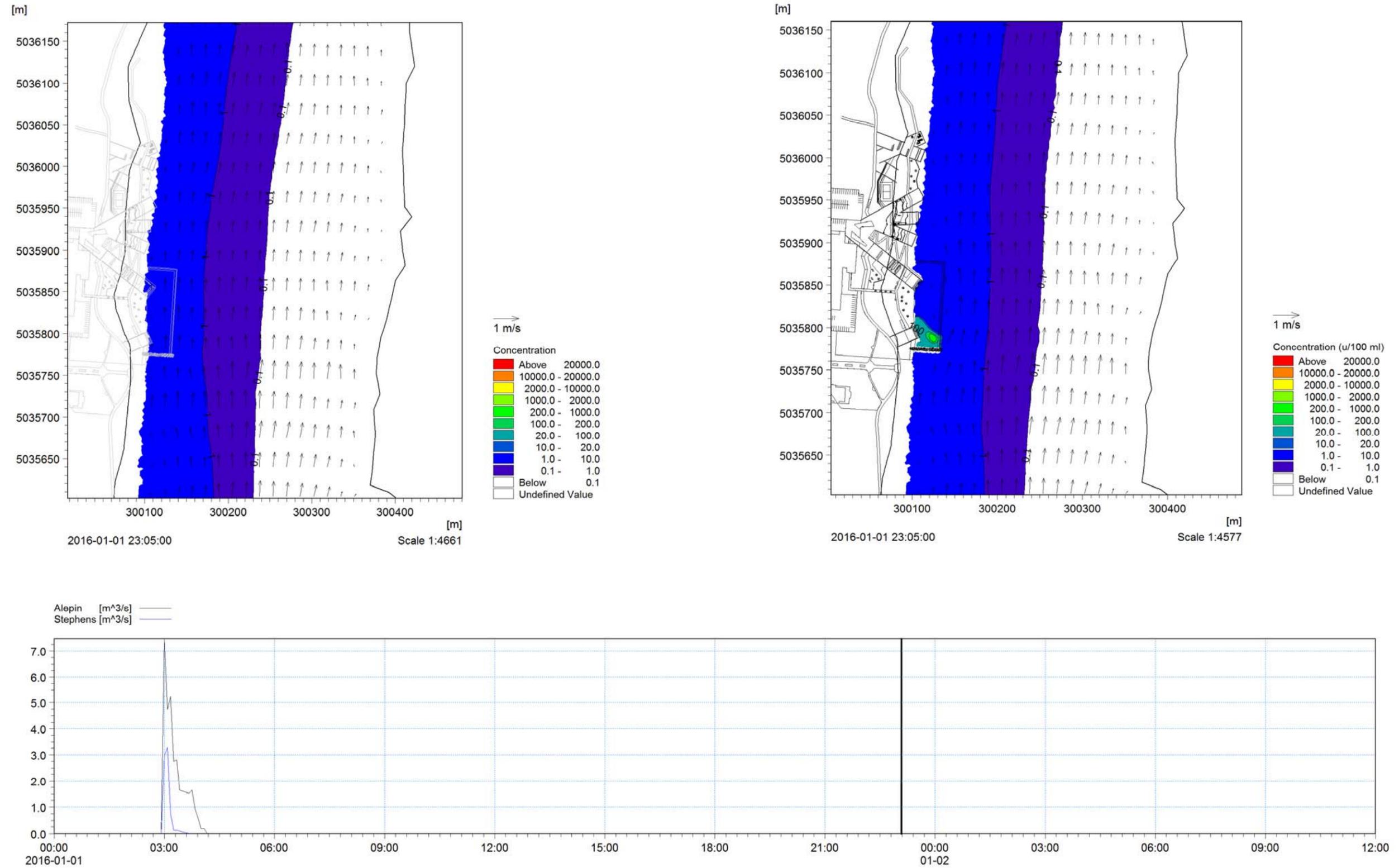


Figure 10 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 20 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses

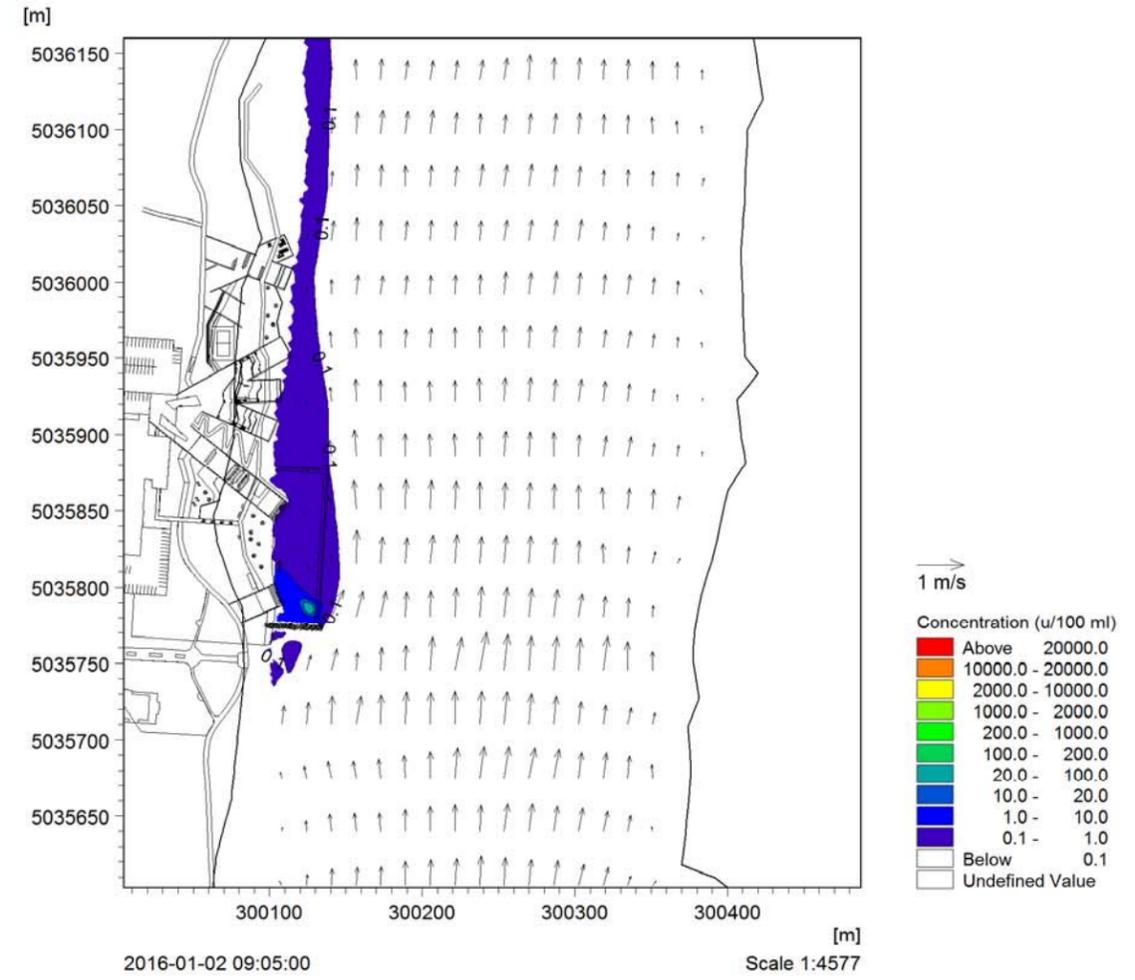
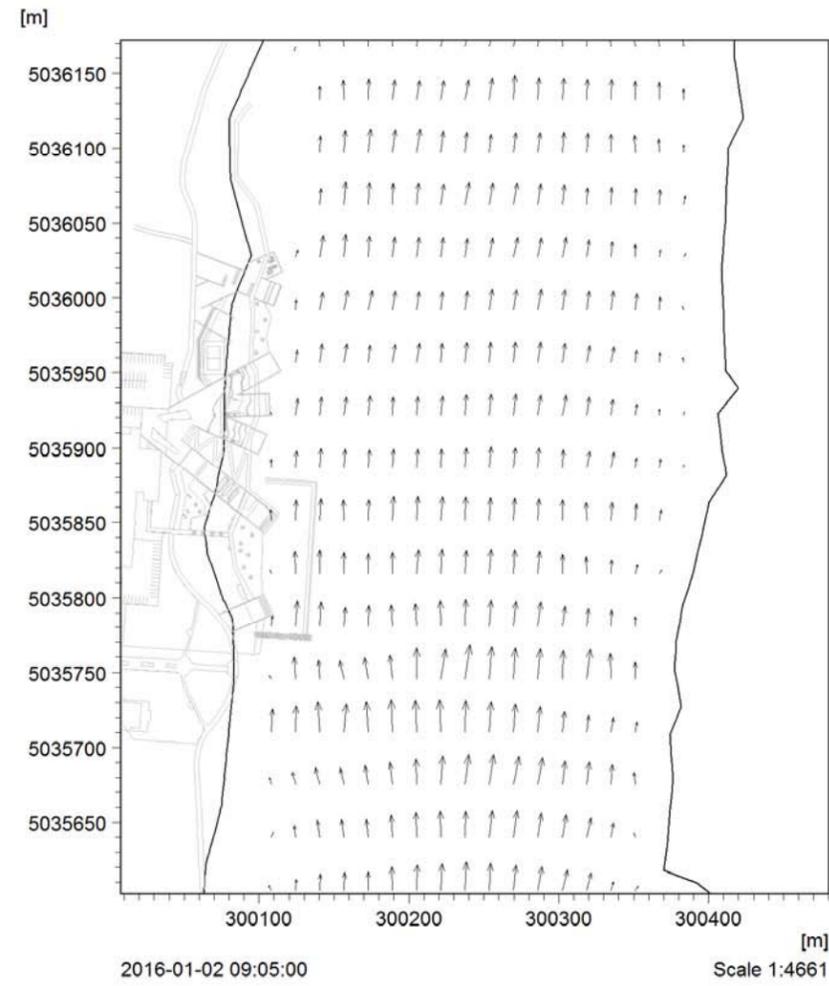


Figure 11 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) 30 heures après la pointe des hydrogrammes des surverses

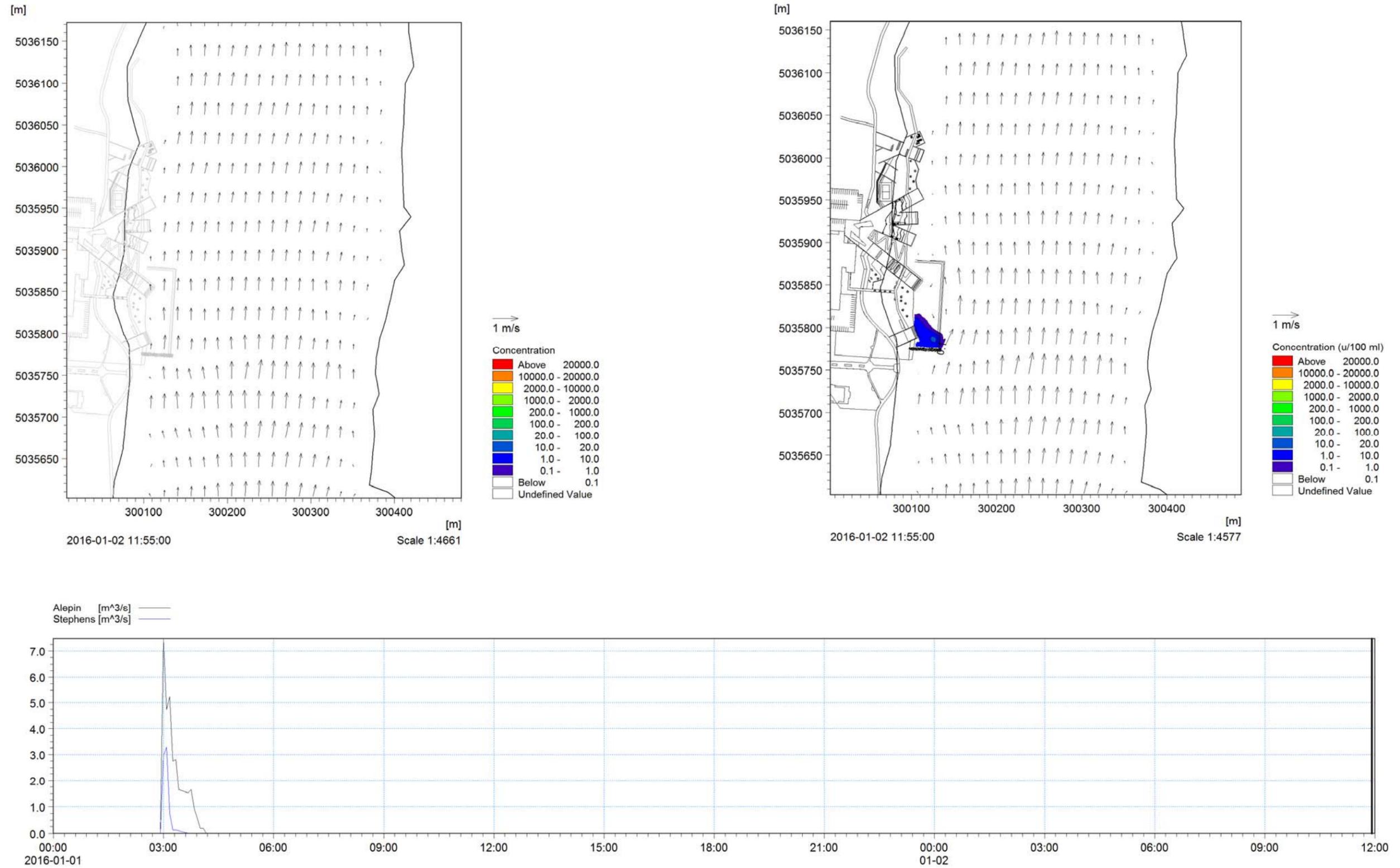


Figure 12 : Panache de concentration modélisé en conditions actuelles (à gauche) et futures (à droite) après 33 heures

## 5 CONCLUSION

Une analyse sommaire des données de surverses en amont du site de la plage de Verdun fournies par le service de l'eau de la Ville de Montréal a permis d'établir les intrants d'un modèle numérique bidimensionnel mis en œuvre par Lasalle|NHC afin d'évaluer l'impact de la présence de l'épi sur la dispersion de contaminants issus des surverses en période de fortes pluies.

Les points de surverses d'Alepin et de la 1<sup>ère</sup> Avenue entrant en fonction simultanément ont été considérés pour établir le scénario de simulation. En chacun de ces points un hydrogramme typique correspondant au 85<sup>ème</sup> percentile des volumes débordés a été appliqué alors qu'un débit moyen estival transitait dans le fleuve Saint-Laurent.

La présence de l'épi induit, en aval de ce dernier, un patron d'écoulement caractérisé par un courant de retour dirigé vers l'amont ainsi que par une zone de très faibles vitesses immédiatement à l'aval de l'épi qui ralentissent significativement le renouvellement de l'eau dans cette zone et favorisent donc la rétention des contaminants près de l'épi suite à une surverse. En effet les résultats indiquent que la présence de l'épi conduit à une augmentation de 14h du temps de rétention du contaminant dans la zone de baignade.

En termes de mesures de mitigation possibles, le seul moyen d'accélérer le renouvellement de l'eau dans la zone de baignade est de rétablir des vitesses plus élevées et de supprimer le courant de retour, ce qui tendrait à exposer les baigneurs à des courants qui ne répondraient plus aux critères d'une zone de baignade (vitesses inférieures à 15 cm/s) et qui seraient potentiellement dangereux. Il est alors recommandé d'intégrer dans le règlement d'opération de la plage une consigne visant à émettre un avis d'interdiction de baignade pendant au moins 32 heures afin d'assurer le renouvellement de l'eau. Actuellement il est généralement admis qu'un délai de 48 heures est à respecter après une période de pluie pour lever l'interdiction. Ce critère est plus conservateur et permet une certaine marge de sécurité. Il faut tout de même garder à l'esprit qu'au cours des 7 dernières années 9 épisodes de surverses ont eu lieu en amont du site de la plage aux ouvrages les plus significatifs, ce qui représente une moyenne de 1,3 surverses par été, soit l'équivalent de moins de 4 jours d'interdiction de baignade pour une éventuelle plage.

Finalement, il est à noter que les intervenants du projet se penchent sur la possibilité de mettre en œuvre des mesures de mitigation des impacts sur la circulation des poissons dans le secteur par l'intermédiaire de conduite traversant l'épi en sa base. La présence de ces ouvertures dans l'épi pourrait également d'améliorer le renouvellement de l'eau dans la zone de recirculation où se produit la rétention du contaminant. Le développement de ce dispositif en est toutefois encore à un stade conceptuel et il gagnerait à être étudié de manière plus approfondie afin notamment d'évaluer l'efficacité vis-à-vis de la dispersion du contaminant.

---

## RÉFÉRENCES

- [1] Cueto-Bergner, A., Taha, W., Aubel, T. (2016). *Projet d'aménagement d'une plage dans l'arrondissement Verdun – Expertise en hydraulique et glaces*. Lasalle|NHC pour le compte de WAA, décembre 2016.
- [2] Bonneau-Lefebvre, M., Taha, W., Aubel, T., Rivard, G. (2016). *Projet d'aménagement d'une Bain portuaire dans le Vieux port de Montréal – Études des paramètres hydrauliques et hydrologiques*. Lasalle|NHC pour le compte de la Ville de Montréal, décembre 2016.
- [3] Guide de gestion des eaux pluviales (MDDELCC et MAMROT).