

# Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée

## Contrat 62659 - Pont Jacques- Cartier, sections 1 à 9, services de consultant, études et applications pilotes pour l'entretien hivernal de la piste cyclable et du trottoir (2019-2021)

### Rapport post-mortem

271877-REP-POSTMORTEM-001

Rapport final | 3 juillet 2020

Le présent rapport prend en compte les exigences contractuelles et les instructions particulières de PJCCI. Certaines informations et conclusions présentées au cours de ce rapport sont basées sur des constatations préliminaires et des résultats obtenus dans le cadre du présent projet, ainsi que sur des informations fournies au cours du mandat. L'ensemble des informations et conclusions présentées dans ce rapport est sujet aux changements lors de la phase de mise en œuvre du projet ou dans le cas d'un changement majeur. Ce rapport est présenté dans les deux langues officielles et en cas d'ambiguïté devra être interprétée en premier lieu à la lumière de sa version originale en langue française. Ce rapport n'est destiné qu'à PJCCI et non à aucun tiers et ne devrait en aucun cas être invoqué comme tel. Arup ne pourra en aucun cas être tenu responsable du contenu de ce rapport à l'égard de tiers.

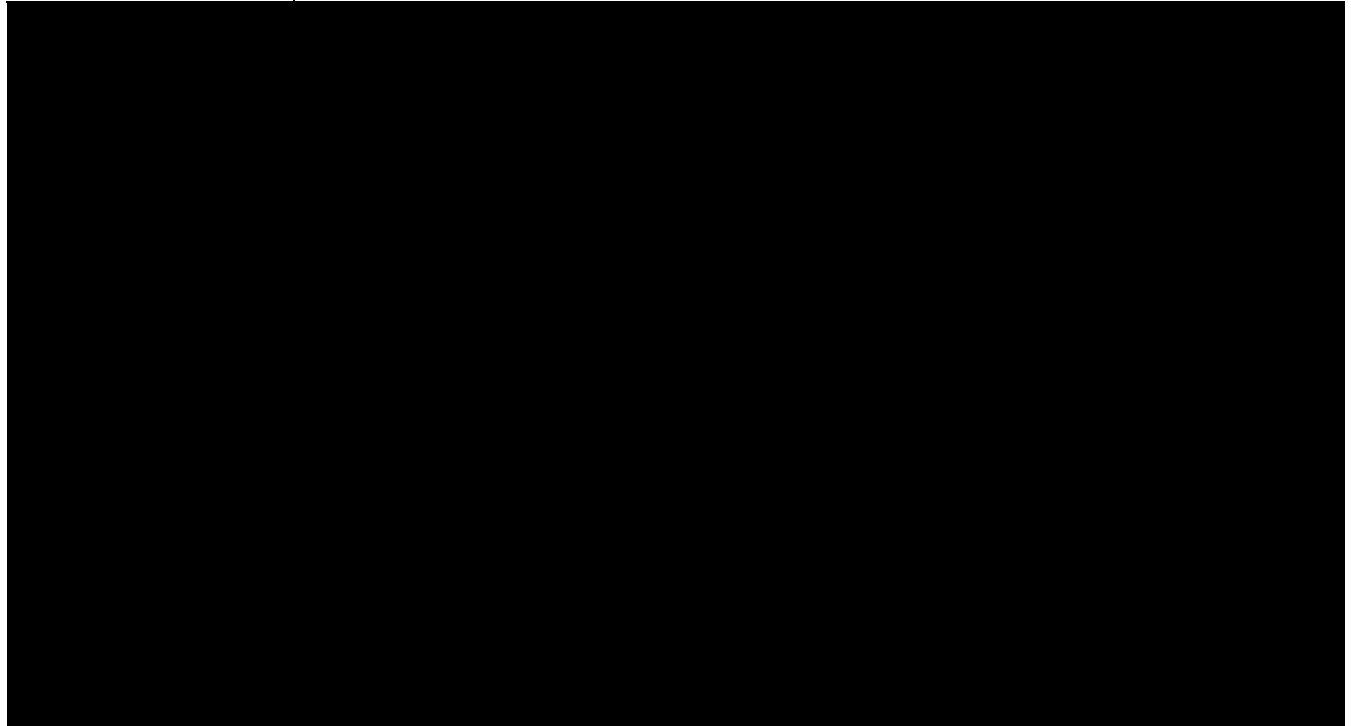
**Arup Canada Inc.**  
1, Place Ville Marie bureau 3270  
Montréal (Québec) Canada H3B 3Y2  
[www.arup.com](http://www.arup.com)



# Vérification de document

# ARUP

<b>Titre du projet</b>	Pont Jacques-Cartier, études et applications pilotes pour l'entretien hivernal de la piste cyclable et du trottoir (2019-2021)	<b>Numéro du projet</b> JCAP0015 / 62659 Arup 271877
<b>Titre du document</b>	Rapport post-mortem	<b>Référence du dossier</b> 271877
<b>Référence du document</b>	Rév 2	

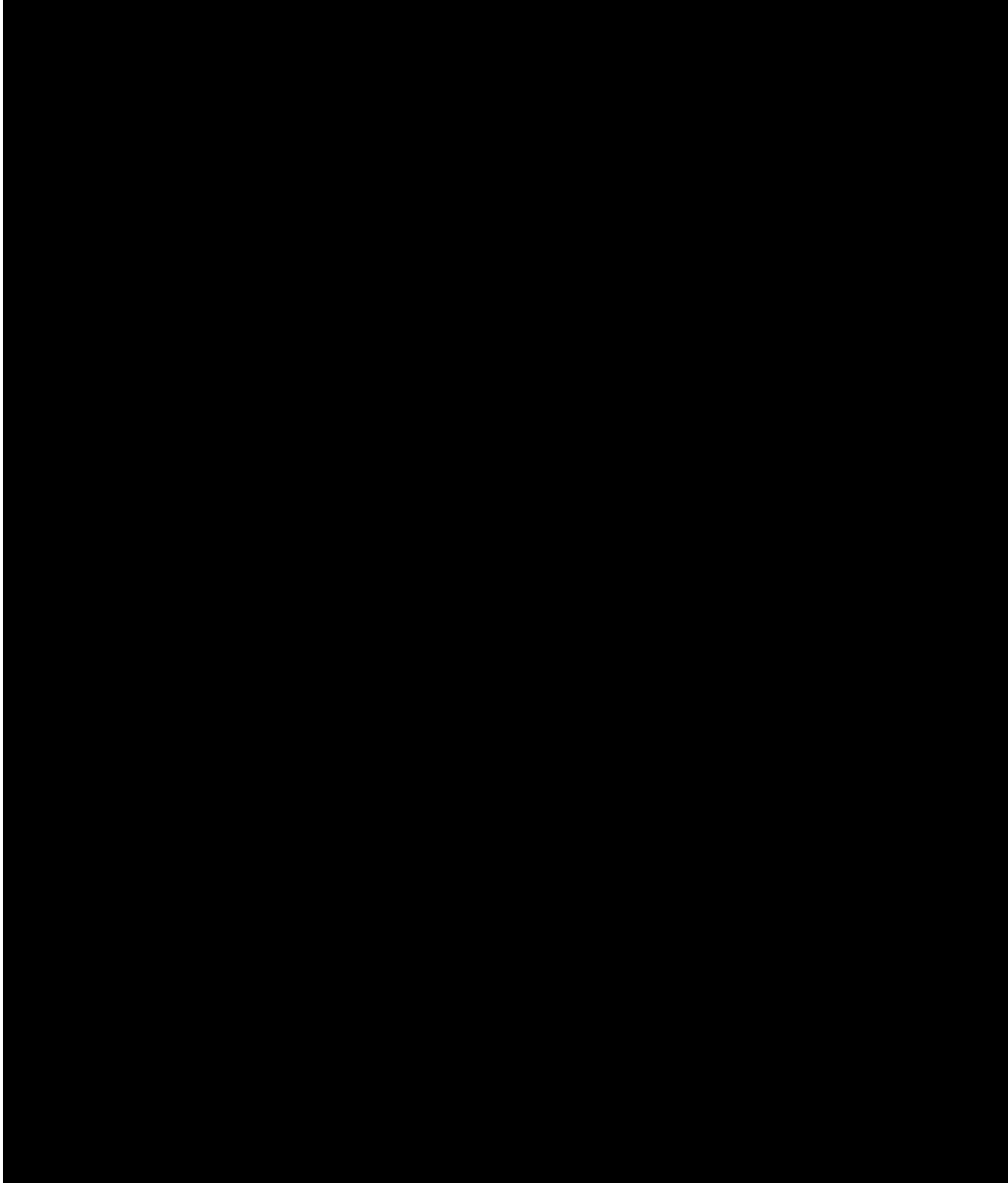


Rapport final	03 juillet 2020	<b>Nom du dossier</b>	271877-REP-POSTMORTEM-001			
		<b>Description</b>	Rapport final			
			<b>Préparé par</b>	<b>Vérifié par</b>	<b>Approuvé par</b>	
		Nom				
		Signature				

Inclure vérification du document avec document



## Équipe de réalisation du mandat



## Table des matières

---

	Page
<b>Sommaire exécutif</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>4</b>
1.1 Mise en contexte du mandat	4
1.2 Description du pont Jacques-Cartier	4
1.3 Objectifs du mandat	6
1.4 Enjeux	7
1.5 Revue documentaire	7
<b>2 Opérations d'entretien hivernal</b>	<b>10</b>
2.1 Simulations pour l'hiver 2019 - 2020	10
2.2 Protocole intégré pour les simulations 2019 - 2020	10
2.3 Résultats des simulations 2019-2020	16
2.4 Modélisation des heures d'ouverture théoriques	40
<b>3 Durabilité de la dalle de béton</b>	<b>50</b>
3.1 Analyse qualitative – Évaluation des produits de déglçage	50
3.2 Analyse quantitative – Analyse de durabilité	53
<b>4 Environnement</b>	<b>56</b>
4.1 Revue réglementaire suite aux récentes modifications législatives	56
4.2 Analyse de nouveaux produits de déglçage	57
<b>5 Améliorations proposées pour une ouverture hivernale</b>	<b>64</b>
5.1 Installation de lisses coup-de-pied	64
5.2 Présence de chicanes sur la piste	65
5.3 Signalisation	67
5.4 Radars pédagogiques	68
5.5 Panneaux à message variable	69
5.6 Portes automatisées	69
5.7 Intégration des systèmes	71
<b>6 Estimations des coûts</b>	<b>72</b>
6.1 Généralité	72
6.2 Coûts d'investissements initiaux - CAPEX	72
6.3 Coûts d'opération et d'entretien – OPEX	76

6.4	Sommaire	79
<b>7</b>	<b>Analyse des risques</b>	<b>81</b>
7.1	Catégories d'événements	81
7.2	Plan d'action	81
7.3	Résultats	82
<b>8</b>	<b>Scénarios d'exploitation améliorés</b>	<b>91</b>
8.1	Description des scénarios	91
8.2	Tendance d'achalandage de la piste	91
8.3	Analyse des scénarios	94
8.4	Sommaire	96
<b>9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>98</b>
<b>Annexes</b>		<b>100</b>
	A. Protocole Intégré pour la simulation d'ouverture 2019-2020	
	B. Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle	

## Sommaire exécutif

---

Dans un contexte de mobilité urbaine en plein essor, la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier se retrouve au cœur de la question de l'entretien hivernal des infrastructures cyclistes. En effet, malgré les fortes contraintes hivernales subsistant à Montréal, la demande pour le cyclisme en hiver est en plein essor. L'ouverture récente de la piste longeant le pont Samuel-De Champlain ne constitue qu'un exemple éloquent.

Au cours des dernières années, les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI), conseillée par Arup ainsi que d'autres consultants, a effectué plusieurs études, dont un projet pilote visant à mieux saisir les enjeux liés à l'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle et du trottoir. Soulignons d'entrée de jeu que la largeur réduite et la longueur de la piste multifonctionnelle rendent les opérations complexes et incompatibles avec une présence du public. Dans ce contexte, et considérant les conditions météorologiques hivernales, des fermetures imprévues devenaient obligatoires et inévitables.

Le projet pilote, effectué en 2017-2018, avait comme objectif d'évaluer différentes options possibles d'entretien hivernales ainsi que d'identifier les risques et les coûts associés. Lors des essais pilotes, aucun accès n'était permis au public et seulement des essais de déneigement ponctuels ont été accomplis. Au terme de ce mandat, il a été conclu que le déneigement mécanique pouvait représenter une solution envisageable afin d'obtenir une largeur de piste suffisante et une qualité de surface adéquate tout en assurant une circulation bidirectionnelle sécuritaire de cyclistes sur le pont. Cependant, il a été identifié qu'un certain nombre d'inconnus et de risques inhérents à cette option pouvaient présenter des enjeux, notamment la charge communicationnelle requise et la complexité de gestion opérationnelle face aux conditions météorologiques imprévues. Dès lors, il a été jugé qu'une gestion adéquate des risques et une mise en place de mesures de mitigation appropriées seraient nécessaires pour une ouverture éventuelle de la piste.

Ce projet pilote a permis de réaliser dans un second temps, à l'hiver 2019-2020, une simulation de déneigement et d'ouverture de la piste en conditions réelles, mais restreintes au public. Afin d'assurer la réussite du projet de simulation et l'ouverture hivernale de la piste et du trottoir, Arup a élaboré un protocole intégré d'entretien, de surveillance et de communication afin de bien gérer les opérations sur place en encadrant notamment la logistique, la communication et la collecte de données, tous des enjeux clés pour l'ouverture potentielle de la piste et du trottoir et leur suivi.

Ainsi, le 23 décembre 2019, la piste a été fermée au public pour l'hiver. Seuls 25 cyclistes témoins, préalablement retenu par PJCCI afin de recueillir des commentaires et bonifier l'étude, ainsi que trois (3) cyclistes partenaires pouvaient fréquenter la piste durant la semaine, de 6h00 à 20h00. Elle a été rouverte au public le 12 mars 2020. Durant cette période, la piste a été fermée à 5 reprises afin

d'assurer les opérations de déneigement (hors fermetures nocturnes quotidiennes). De ce fait, la plage d'ouverture de la piste multifonctionnelle a été atteinte jusqu'à 93% en semaine et 60% du temps dans des conditions jugées très sécuritaires (vert). De plus, le retour des cyclistes témoins était très encourageant en grande majorité avec une appréciation moyenne de la qualité de surface de 2,87 sur une échelle de 3 (3 étant une note parfaite).

Cette simulation a permis d'identifier efficacement l'ensemble des enjeux liés à une ouverture potentielle au public en hiver, notamment sur les plans suivants : sécurité des usagers (vitesse, conditions de surface, présence de chicanes sur la piste), problèmes techniques d'entretien (durabilité de structures, impact environnemental, redondance des équipements, drainage, approvisionnement) et logistique (communication interne, communication aux usagers, fiabilité des prévisions météorologiques). La simulation a de plus permis aux différents intervenants d'apprendre et de se familiariser avec l'entretien et l'exploitation hivernale de la piste. Ainsi, les constatations répertoriées dans ce rapport tentent d'extraire ces constatations et de bonifier les opérations de déneigement. Parallèlement, les analyses de 2017 - 2018 sur la durabilité et les enjeux environnementaux ont été mis à jour avec plus de précision par rapport aux produits de déglacage sélectionnés. En outre, les différents scénarios d'ouverture ont fait l'objet d'une estimation des coûts dépendamment de la méthode d'approvisionnement préconisée par PJCCI pour le contrat de déneigement.

Suivant les différentes études, une liste de suggestions d'ajouts et de modifications a aussi été dressée ayant pour objectif de renforcer l'environnement sécuritaire de la piste, de rendre les opérations plus efficaces et d'améliorer le niveau de communication avec les usagers. Enfin, une analyse de risques potentiels a été élaborée afin d'évaluer les mesures prises au cours de l'hiver 2019-2020 ainsi que les améliorations proposées pour la mise à niveau de la piste dans le cadre de son exploitation hivernale.

Au terme de cette étude, nous concluons que l'ouverture de la piste multifonctionnelle est réalisable dans des conditions similaires à la simulation effectuée durant l'hiver 2019-2020. Toutefois, une approche graduelle et conservatrice, tel que préconisé jusqu'à présent par PJCCI, permettra d'ajuster peu à peu la logistique et les systèmes de communication en fonction des besoins des usagers. Sachant que les conditions hivernales peuvent varier considérablement d'un hiver à l'autre, un suivi régulier doit être envisagé tel qu'effectué au cours de l'hiver 2019-2020. À ce titre, tout scénario défavorable doit entraîner la fermeture anticipée de la piste pour quelques heures voire quelques jours.

Advenant un succès des opérations à l'hiver 2020-2021, une amélioration graduelle de l'offre de service pourrait être envisagée. Une telle stratégie inclut une optimisation des fermetures intempestives, une augmentation des heures d'ouverture quotidienne voire une ouverture de certaines, voire toutes, les fins de semaine tout en maximisant le rendement des investissements futurs (rapport coûts / bénéfiques). Advenant la mise en service officielle de la piste multifonctionnelle,

une réévaluation de l'offre de service offerte pourrait être effectuée après le premier hiver.

Ainsi, malgré les différents enjeux, l'équipe de projet au sein de PJCCI, appuyée par l'équipe de Arup ainsi que tous les intervenants externes, ont réussi à encadrer et gérer sécuritairement l'ouverture de la piste multifonctionnelle en conditions hivernales. En cas de décision favorable sur l'ouverture de la piste multifonctionnelle durant l'hiver prochain, le pont Jacques-Cartier, emblématique de la région, entreprendrait un nouveau rôle en matière de mobilité active entre Longueuil et Montréal, été comme hiver.



# 1 Introduction

---

## 1.1 Mise en contexte du mandat

Afin de répondre à la demande croissante de la pratique du vélo en hiver, PJCCI a simulé une exploitation hivernale en circuit fermé de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier durant l'hiver 2019–2020. Les objectifs principaux étaient d'effectuer des simulations en conditions réelles en circuit fermé pour raffiner les protocoles d'entretien, de surveillance et de communications, identifier les risques et enjeux, évaluer l'offre de service pouvant être offerte sur la piste ainsi que maintenir la piste cyclable ouverte le plus longtemps possible jusqu'à ce que les conditions climatiques en contraignent l'accès et la sécurité.

PJCCI a pour mission d'assurer la mobilité des usagers, la sécurité et la pérennité des infrastructures en préconisant une gestion systémique selon une approche de développement durable. Ceci passera par la gestion, l'entretien et la réfection des infrastructures favorisant la fluidité de la circulation et le respect de l'environnement. Ainsi, le présent mandat vise à poursuivre les objectifs stratégiques de PJCCI au moyen, dans un premier temps, de l'élaboration de protocoles d'entretien, de surveillance et de communication et, par la suite, d'une simulation<sup>1</sup> d'exploitation sécuritaire assortie d'une évaluation de l'ouverture potentielle de la piste multifonctionnelle au public pendant les périodes hivernales. Les résultats des simulations ont permis de réaliser une analyse des enjeux et des risques liés à l'ouverture de la piste au public ainsi qu'un plan de mitigation.

Dans un second temps, Arup a procédé à une mise à jour des analyses réalisées en 2017 - 2018. Celles-ci incorporent notamment la durabilité de la structure, l'impact environnemental, l'estimation des coûts afin d'encadrer les opérations. Le présent rapport résume l'ensemble de ces points.

Arup procédera ensuite à l'analyse du devis d'entretien hivernal relatif aux futurs contrats de déneigement ainsi qu'à la préparation d'un guide de gestion de la piste multifonctionnelle et du trottoir advenant une ouverture hivernale. Au terme des opérations de l'hiver 2020-2021, un rapport d'analyse et de suivi, ainsi qu'une mise à jour du guide, seront faits.

## 1.2 Description du pont Jacques-Cartier

Le pont Jacques-Cartier, doté de cinq voies routières, d'une piste multifonctionnelle et d'un trottoir à l'usage exclusif des piétons, enjambe le fleuve Saint-Laurent et la voie maritime sur une distance de 2 725 mètres, reliant ainsi l'île de Montréal, l'île

---

<sup>1</sup> Simulation : un projet pilote a été réalisé afin de simuler une ouverture au public dans des conditions encadrées. Ce projet a permis de récolter les expériences de 25 cyclistes « témoins » et de trois (3) cyclistes partenaires et d'assurer la mise en œuvre de conditions sécuritaires avant une ouverture potentielle au public

Sainte-Hélène et la rive sud. Il constitue un axe de liaison important entre les villes de Montréal et de Longueuil, comme l'attestent des milliers d'utilisateurs qui l'empruntent quotidiennement dans le cadre de leurs divers trajets, qu'ils soient utilitaires ou pour les loisirs. En soi, le pont se compose de plusieurs sections, notamment :

- Les sections 8 et 9 sur l'île de Montréal;
- La section 7, qui se distingue par sa superstructure emblématique érigée au-dessus du fleuve Saint-Laurent;
- Les sections 6 et 5 sur l'île Sainte-Hélène;
- La section 4 qui relie l'île Sainte-Hélène avec l'île Notre-Dame;
- La section 3, au-dessus de la voie maritime du Saint-Laurent; et,
- Les sections 1 et 2 à Longueuil.

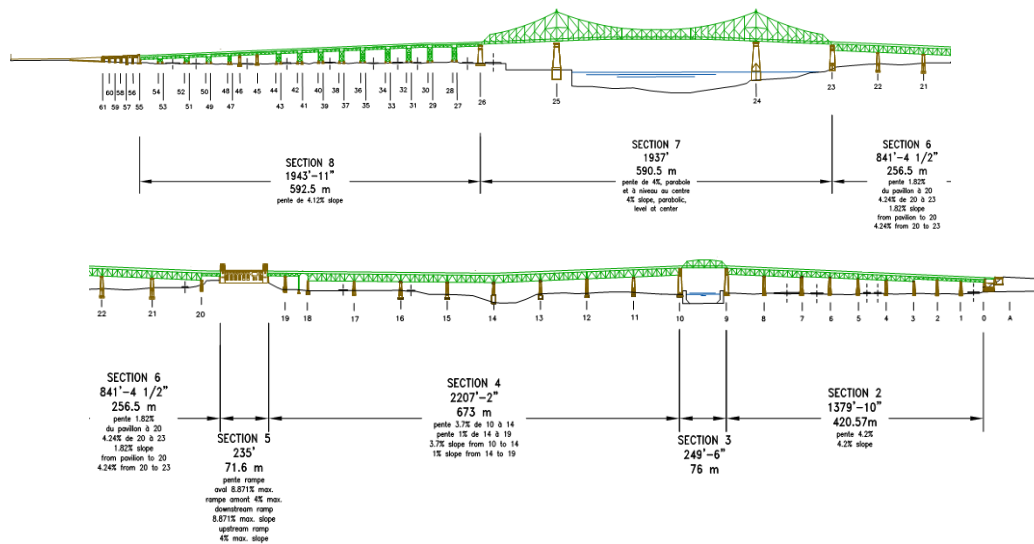


Figure 1 : Représentation schématisée du profil du pont (non à l'échelle)

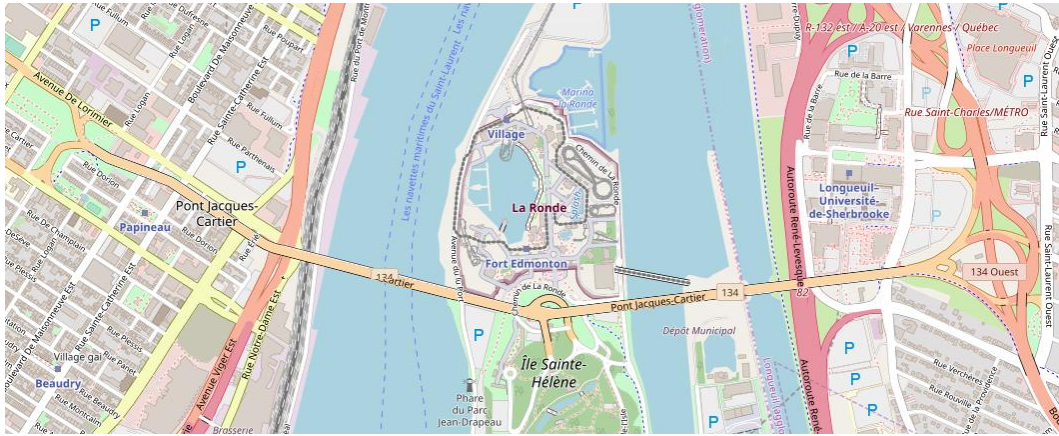


Figure 2 : Plan du pont Jacques-Cartier [OpenStreet Map]



Figure 3 : Vue générale de la piste multifonctionnelle et du trottoir

La piste multifonctionnelle, située du côté amont du pont, est d'une largeur moyenne de 2,5 mètres et est ouverte aux piétons, aux coureurs, aux vélos et aux trottinettes électriques. La piste devient moins large à certains endroits, notamment près des structures de super-signalisation et des lampadaires. Du côté de Montréal, le point d'accès à la piste multifonctionnelle se trouve à l'intersection de la rue des Confiseurs et de la rue Dorion. Du côté de Longueuil, l'accès à la piste s'effectue à l'intersection du boulevard La Fayette et du boulevard Taschereau.

Du côté aval, le trottoir de 1,25 mètre n'est accessible qu'aux piétons et aux coureurs. À Longueuil, des escaliers à la rue Saint-Charles Ouest donne accès au pont Jacques-Cartier et à Montréal le trottoir rejoint l'avenue de Lorimier.

### 1.3 Objectifs du mandat

L'objectif de ce mandat est d'établir une stratégie opérationnelle appropriée et de fournir des mesures tangibles pour assurer la gestion et l'exploitation sécuritaire de la piste cyclable durant l'hiver. Les mesures mises de l'avant sont les suivantes :

- L'élaboration d'un **guide de gestion** comprenant un manuel d'entretien, un protocole de communication, le suivi et la récolte de données;
- La mise à jour de **l'analyse de risques** du projet pilote afin d'identifier les risques résiduels ainsi que les nouveaux risques reliés aux opérations et logistiques de déneigement, à la sécurité des usagers, à la structure existante ou à l'environnement; et,
- Suivant les résultats des essais et des études, une proposition de **modifications et d'ajouts nécessaires** pour assurer une exploitation sécuritaire et adéquate de la piste.

## 1.4 Enjeux

Afin de réussir l'ouverture hivernale au public, un certain nombre d'enjeux doivent être considérés :

- La **sécurité des usagers** est primordiale dans l'ensemble des décisions prises, que ce soit au niveau de la largeur de la piste, des mesures de réduction de la vitesse des cyclistes, des chutes de glace depuis ou sur la piste, et de la qualité de la surface;
- Afin de mieux gérer **l'utilisation sécuritaire de la piste multifonctionnelle** pour le public, une attention particulière est portée à la gestion des heures de pointe;
- La complexité des opérations de déneigement et d'entretien, la gestion des heures d'ouverture et toutes les communications inhérentes comptent parmi les enjeux clefs du projet ;
- Les **précipitations et leurs prévisions** rythment la logistique des opérations de déneigement et d'entretien et des fermetures de la piste en hiver; et,
- Parmi les autres aspects, l'utilisation de produits déglaçant est aussi encadrée par les enjeux de **durabilité structurale** de la piste et par les enjeux **environnementaux** associés aux rejets.

## 1.5 Revue documentaire

Les documents suivants ont été revus dans le cadre du nouveau mandat. À ce titre, certaines études déjà revues en 2017 - 2018 ont également été consultées au besoin :

Tableau 1: Revue documentaire

Document, Contrat, Auteur	Titre du document	Résumé/conclusion	Pertinence
<b>62576, Arup</b>	Compte rendu du projet pilote d'entretien hivernal de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier (daté du 9 mai 2018)	Résumé du projet pilote d'entretien hivernal de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier et des conclusions et recommandations issues du rapport final	La première phase du projet pilote d'entretien hivernal de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier, entrepris en 2017, sert de base pour les études subséquentes prévues dans le cadre du mandat actuel
<b>Fiches techniques, Divers</b>	Fiches techniques et spécifications des équipements de déneigement disponibles au cours du projet	Dimensions et caractéristiques techniques des équipements de déneigement utilisés	Ces intrants ont servi à valider le passage et l'efficacité des véhicules de déneigements en fonction des dimensions, rayon de braquage et type du véhicule
<b>Fiches techniques, Divers</b>	Fiches techniques et spécifications des membranes d'étanchéité	Caractéristiques techniques des membranes d'étanchéité considérées	Ces intrants ont servi à valider la performance et la contrainte des membranes d'étanchéité en vue d'une installation sur le pont
<b>M03567A-621, 62065, CIMA+</b>	Évaluation de l'impact des chicanes sur la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier	Étude visant à qualifier et à quantifier l'impact des chicanes sur les vitesses et les comportements des cyclistes au niveau d'un sentiment potentiel d'insécurité, risque de blessure et confort des usagers	Ces intrants ont été consultés afin de prendre connaissance des autres études réalisées sur les chicanes, garde-corps, clôtures dissuasives et glissières dans un contexte de sécurité

<b>M04466A, 62517, CIMA+</b>	Réparation et améliorations aux garde-corps, aux clôtures dissuasives, aux glissières et à la dalle de béton du trottoir et de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier	Résultats de l'étude préparatoire de conception relative à la planification des travaux de réparation et de renforcement de garde-corps, de clôtures dissuasives et de glissières et des travaux de réparation de la dalle de béton du trottoir et de la piste cyclable entre la culée A et la section 9 du pont Jacques-Cartier	
<b>M04466A, 62517, CIMA+</b>	Documentation de l'impact de l'installation des nouvelles chicanes sur la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier	Analyse de l'impact de l'implantation des nouvelles chicanes sur la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier et amélioration de la situation actuelle au travers de l'élaboration de mesures d'atténuation temporaires et identification de mesures permanentes incluant la réalisation de tests	
<b>28874TT, 62408, Tetra Tech, Structura</b>	Rapport d'inspection annuelle	Inspection détaillée des culées A et 0, du système structural et du tablier de la section 1 du pont Jacques-Cartier	Le programme d'inspection annuelle des culées A et 0, du système structural ainsi que du tablier de la Section 1 du pont Jacques-Cartier a été considéré dans le cadre de ce mandat

## 2 Opérations d'entretien hivernal

---

### 2.1 Simulations pour l'hiver 2019 - 2020

Considérant la géométrie de la piste multifonctionnelle, sa fermeture au public est requise pour assurer un entretien hivernal efficace. Ainsi, la logistique entourant les opérations quotidiennes durant l'hiver est relativement complexe et significativement différente des opérations classiques s'appliquant aux pistes cyclables de la région.

Pour mieux saisir les enjeux des opérateurs et des usagers, une simulation des opérations dans les conditions réelles a été réalisée, et ce, tout en restant fermée au public. Ces tests vont permettre d'étayer la prise de décision par rapport à l'exploitation hivernale de la piste et à son ouverture potentielle.

Un protocole intégré d'entretien, de surveillance et de communication a été élaboré préalablement afin d'encadrer les simulations sur place et d'assurer la réussite du projet. En outre, 25 cyclistes témoins ainsi que trois (3) cyclistes partenaires ont été sélectionnés pour participer à de telles simulations hivernales.

### 2.2 Protocole intégré pour les simulations 2019 - 2020

Pour les simulations de l'hiver 2019-2020, un protocole intégré a été développé pour réunir les trois volets logistiques du projet :

- Communication et décision;
- Opérations (exploitation); et,
- Suivi et acceptation.

En outre, deux autres volets ont été ajoutés au protocole afin d'encadrer les prévisions météorologiques et la récolte de données. Ces 5 étapes s'articulent comme suit :

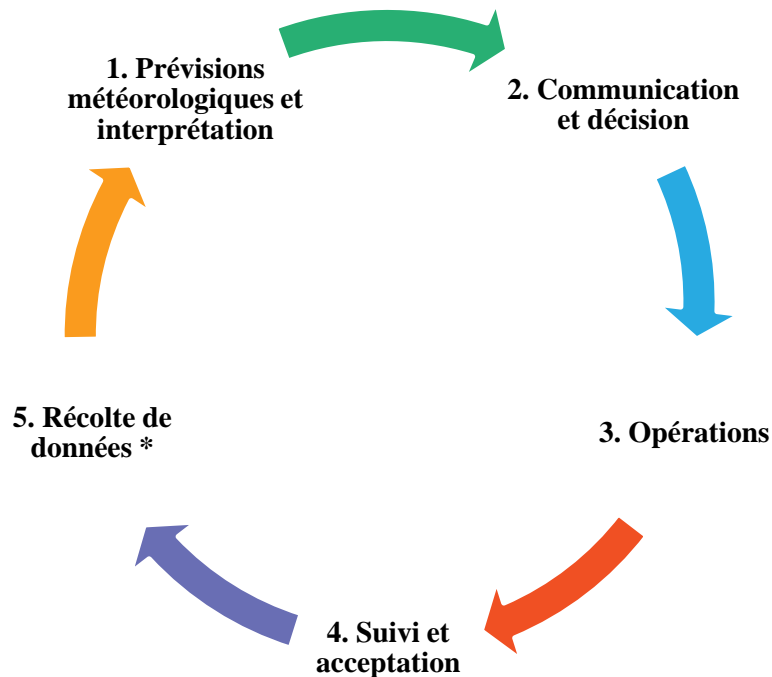


Figure 4 : Étapes générales du protocole intégré

Ce protocole permet une coordination à l'interne entre les différentes équipes (Direction, Communication, Direction Recherche et Applications (DRA), Opération / Entretien (O/E), Arup, Entrepreneur, etc.) et sert aussi d'outil de communication avec les usagers.

Le protocole intégré est présenté en détail dans l'Annexe A.

### 2.2.1 Prévisions et interprétation

Un suivi météorologique régulier est nécessaire pour préparer les opérations, gérer les ouvertures et fermetures de la piste et communiquer avec les usagers. Lors des simulations, plusieurs sources de prévisions météorologiques ont été utilisées par les équipes d'Opérations et Entretien et par l'Entrepreneur. Certaines sont disponibles en ligne gratuitement, d'autres sont ajustées aux conditions locales via les stations météorologiques installées sur le pont. Si aucune source n'est complète en termes d'information sur les conditions réelles ou de fiabilité des prévisions, ces sources, une fois réunies, fournissent une bonne information sur les conditions météorologiques passées, présentes et futures. Celles-ci sont listées en annexe.

L'interprétation de ces données impacte significativement les opérations de déneigement et par extension, la fermeture de la piste. Un logigramme des opérations a ainsi été élaboré afin de détailler les critères d'opérations et de fermeture de la piste en fonction des conditions météorologiques prévues et réelles. L'intérêt de ce logigramme était d'uniformiser et d'aiguiller la prise de décision



dans le cadre des opérations quotidiennes, et d'optimiser les opérations pour éviter la fermeture intempestive de la piste.

## 2.2.2 Communication et décision

À l'interne, une communication entre les différents intervenants, à savoir Opérations / Entretien, Ingénierie et Communication, est primordiale pour optimiser les opérations et les heures d'ouverture de la piste multifonctionnelle. En outre, une communication régulière avec les usagers au moyen d'un ou de plusieurs canaux de communication a permis de réduire l'impact des fermetures.

Pour les simulations de 2019-2020, l'outil de communication principal destiné aux cyclistes témoins était un courriel adapté aux conditions du moment transmis deux fois par jour. Une première communication était envoyée en matinée à 5h30 et une seconde en après-midi à 15h. Toutefois, lorsque les conditions climatiques le justifiaient, une communication ponctuelle additionnelle était transmise aux usagés pour les avisés du statut changeant de la piste multifonctionnelle.

Le graphique à la Figure 5 ci-dessous présente un protocole de communication typique avec plusieurs options de communication et qui a pour but d'aider PJCCI à formuler leur propre protocole de communication, tant à l'interne qu'à l'externe.

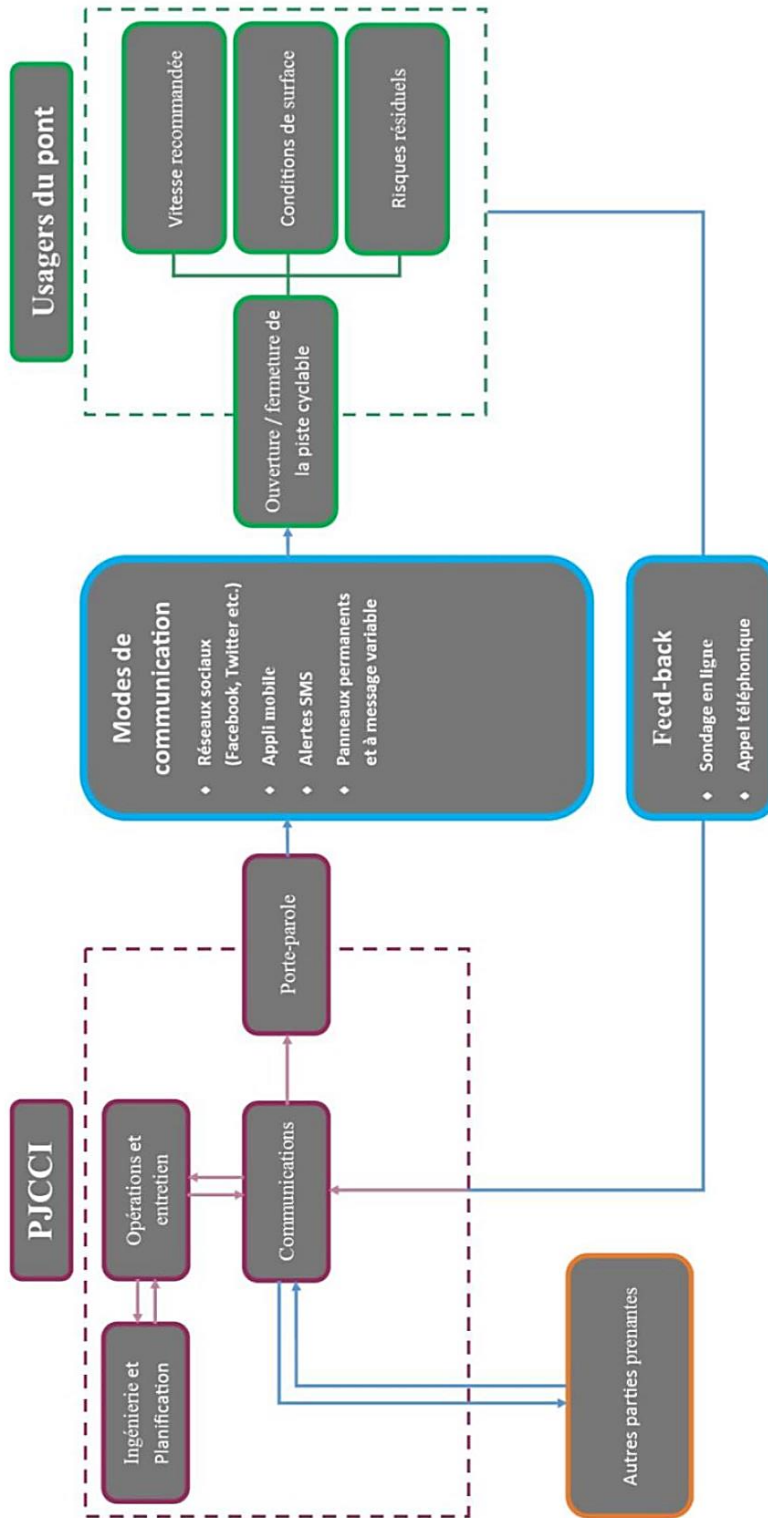


Figure 5 : Protocole de communication typique

### 2.2.3 Opérations par l'Entrepreneur

À l'aide du logigramme des opérations et des critères élaborés, l'Entrepreneur a pu effectuer le déneigement et l'entretien de la piste multifonctionnelle pour ainsi l'ouvrir à temps aux cyclistes témoins. Une surveillance régulière des conditions de surface de la piste était essentielle pour arrimer les opérations en temps réel. Il est à noter que l'entretien du trottoir a été effectué par l'équipe interne d'Opération et Entretien de PJCCI.

Pour les simulations, le matériel suivant était disponible (en double, sauf ceux marqués d'un astérisque\*) :

- Déneigeuse Benco avec lame, pour la piste multifonctionnelle;
- Remorque à benne (pour produits déglacants solides);
- Remorque à produits déglacants liquides\*;
- Souffleuse (enlèvement de la neige);
- Balai rotatif\*; et,
- Déneigeuse à trottoir (lame, souffleuse, brosse, produit liquide, produit solide).



Figure 6: Déneigeuse Benco pour piste multifonctionnelle (modèle 2345D)

L'Annexe A fournit davantage de détails sur le matériel disponible et les critères d'opération.

### 2.2.4 Suivi et acceptation par Opérations et Entretien

Outre le suivi et les opérations de l'Entrepreneur, le personnel d'Opérations et Entretien de PJCCI a été présent sur place pour valider, planifier et diriger les opérations ainsi que pour gérer l'ouverture et la fermeture de la piste. En plus de ceci, les opérations ont été entérinées pour permettre une mise à jour du protocole, coordonner la communication avec les usagers témoins et procéder aux fermetures et aux ouvertures physiques de la piste.

### 2.2.5 Récolte de données

Dans un objectif d'améliorer les opérations et la communication en continu, différents formulaires de suivi ont été utilisés, notamment :

- Un formulaire de sortie a permis de suivre les opérations quotidiennes de l'Entrepreneur;
- Un formulaire de vigie a permis l'inspection de la piste et sa condition de surface; et,
- Un formulaire en ligne a permis de colliger un retour d'expérience quotidien des cyclistes témoins.

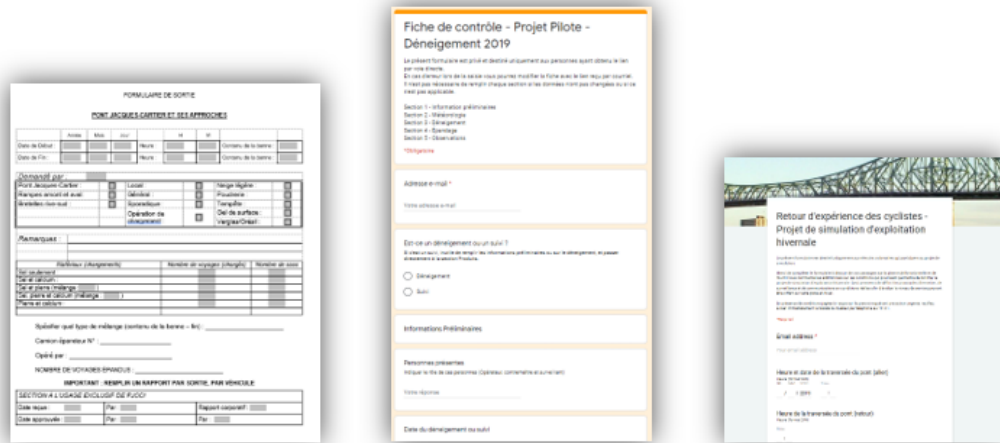
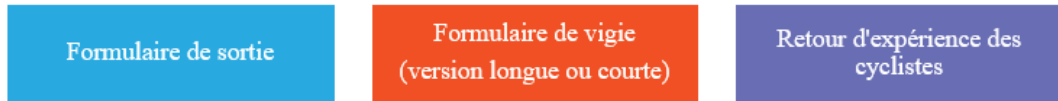


Figure 7 : Formulaires de suivi utilisés

D'autres données à savoir des informations météorologiques, des statistiques d'achalandage, des comptes rendus de réunions, sont aussi agrégées dans ce même but.

## 2.3 Résultats des simulations 2019-2020

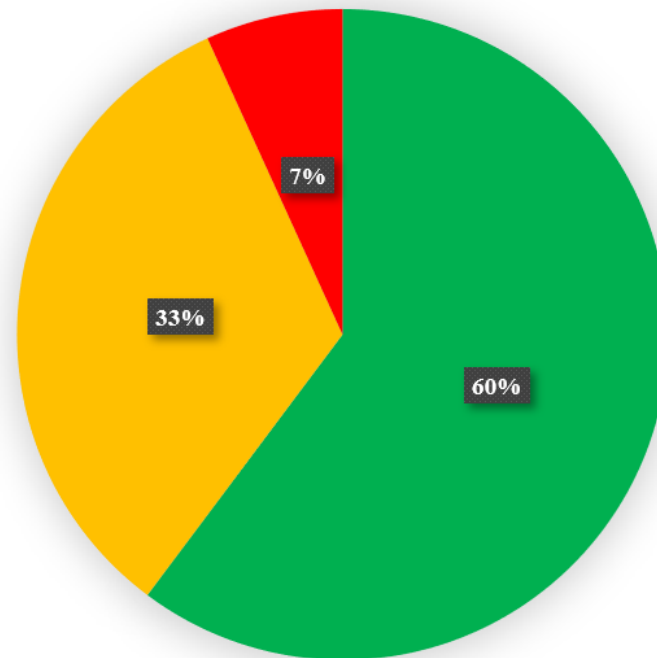
L'expérience acquise et l'ensemble des données récoltées dans le cadre du projet de simulation ont été récoltées et agrégées. L'analyse et l'interprétation de ces résultats sont présentées dans les sections suivantes. Ces résultats permettront, entre autres, une prise de décision éclairée par rapport à l'ouverture potentielle de la piste multifonctionnelle au public.

### 2.3.1 Ouverture de la piste

Suivant les opérations de l'hiver 2019-2020, la plage d'ouverture de la piste multifonctionnelle a été atteinte jusqu'à 93% en semaine et 60% du temps dans des conditions jugées très sécuritaires (vert). Comme il peut être constaté à la Figure 9, les précipitations ont un lien de causalité direct avec le statut de la piste. En effet, le statut de la piste tend à être dans un statut jaune, c'est-à-dire ouverte mais dans des conditions non idéales, lorsque des accumulations de neige ou des précipitations de pluie ou pluie verglaçante surviennent. La piste n'a été fermée qu'à cinq (5) occasions en raison de précipitations de neige et de pluie verglaçante.

Ces résultats sont jugés très satisfaisants et démontrent que la piste peut être entretenue tout en fournissant une offre de service adéquate aux usagers durant l'hiver. Cependant, cette plage d'ouverture pourrait varier selon les conditions météorologiques et le caractère clément ou ardu de l'hiver. Une estimation théorique de la période d'ouverture pour différents scénarios est présentée dans la section suivante.

## Statut de la piste



- Vert = Piste ouverte et en bon état
- Jaune = Piste ouverte mais dans des conditions non idéales
- Rouge = Piste fermée

Figure 8 : État moyen de la piste lors de l'hiver 2019-2020

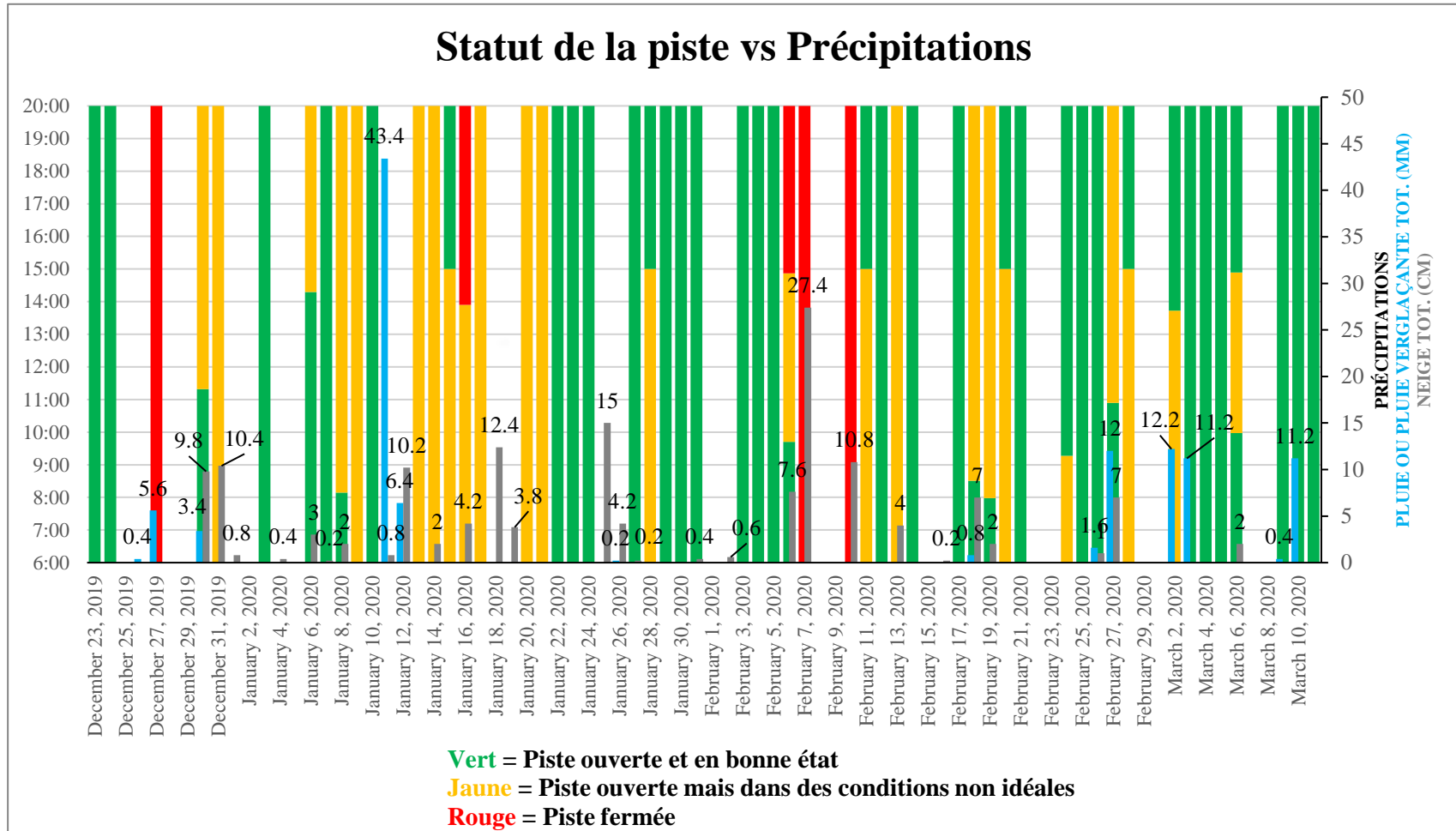


Figure 9 : État de la piste à l'hiver 2019-2020

### 2.3.2 Opérations d'entretien

Lors des simulations 2019-2020, un total de 40 opérations de déneigements ont été effectuées entre le 18 décembre et le 10 mars, ce qui représente une période de 83 jours. La majorité de ces opérations regroupaient différents types d'interventions, soit le déblaiement à l'aide d'un tracteur muni d'une lame, d'une souffleuse, d'un balai rotatif ou d'une remorque à benne destinée à l'épandage de produits de déglacage. Néanmoins, certaines opérations visaient une remise à niveau de la qualité de la surface. Dès lors, seul le passage du balai rotatif ou l'épandage de produits de déglacage a été réalisé. Le nombre d'opérations ainsi que la moyenne d'allers-retours pour chaque type d'intervention exécutée lors de l'hiver 2019-2020 se décline comme suit :

Tableau 2 : Nombre d'opérations et moyenne d'allers-retours

Type d'intervention		Nombre d'opérations	Moyenne d'allers-retours à chaque opération
Passage de la lame		12	1,1
Passage de la souffleuse		14	1,3
Passage du balai rotatif		10	1,5
Épandage de produits de déglacage solides	Sel gemme	20	1,0
	Produit A <sup>2</sup>	13	
Épandage de produits de déglacage liquides (Produit B <sup>2</sup> )		1	1,0

À la lumière de ce qui a été noté, l'Entrepreneur a généralement favorisé l'épandage de produits de déglacage pour assurer une surface adhérente. Cet aspect est abordé en de plus amples détails à la sous-section 2.3.2.1.

La durée totale des opérations de déneigement est variable, puisqu'elle dépend du type d'opération, du nombre d'interventions différentes et du nombre de passages effectués. En moyenne, la durée des opérations de déneigement est de 2 heures 15 minutes en considérant toutes les opérations effectuées lors de l'hiver 2019-2020. La Figure 10 ci-dessous présente la durée des différentes opérations ainsi que les précipitations enregistrées au cours de l'hiver.

La plus longue opération s'est échelonnée sur une durée de 5 heures pour un aller-retour de souffleuse, deux allers-retours de balai rotatif et un aller-retour d'épandage de produits de déglacage. En contrepartie, l'opération la plus courte a été réalisée sur une durée de 15 minutes pour exécuter un aller-retour d'épandage de produits de déglacage sur un petit secteur localisé.

<sup>2</sup> Se référer à la section 3.1 pour plus d'information sur ces produits





### 2.3.2.1 Épandage des produits de déglçage

Bien que le protocole intégré ne recommande pas son utilisation, l'Entrepreneur a fréquemment opté pour l'utilisation de sel gemme lors des opérations de déneigement de décembre et janvier. De plus, il a été noté qu'une grande quantité de produits de déglçage était épandue à chaque occasion où l'épandage de produit déglçant était favorisé. La Figure 11 démontre que la quasi-totalité des opérations affichent un taux d'application supérieur aux taux faible et fort recommandés dans le protocole intégré (ligne verte et rouge) et que plus de 2 tonnes de sel gemme ont été épandues à deux reprises.

Soulignons que sous certaines conditions météorologiques difficiles ou lorsqu'un épandage préventif est nécessaire, il peut être justifiable, tel qu'indiqué à la section 3.4 de l'annexe A, d'appliquer un taux exceptionnel de produit déglçant qui est supérieur au taux fort. Néanmoins, dans de tels scénarios, l'ordre de grandeur des quantités épandues devrait demeurer raisonnable afin d'éviter de compromettre la durabilité de la structure et l'expérience de roulement des usagers.

À la suite d'une rencontre de sensibilisation avec l'Entrepreneur, le 26 janvier, du sel gemme n'a été appliqué sur la piste qu'à trois reprises. L'emploi du balai rotatif pour la finition de surface a été privilégié entre le 26 janvier et le 13 février. Lors de cette période, les cyclistes semblent avoir apprécié la qualité de surface en lui attribuant une note moyenne de 2,95 sur une échelle de 3, et ce, malgré l'absence d'épandage de produits de déglçage et les nombreuses précipitations recensées durant cette période. On peut présument conclure que le balai rotatif permet d'obtenir une qualité de surface acceptable et que l'application de produits de déglçage n'est pas impérative lorsque le balai rotatif permet de fournir des conditions de surface jugées sécuritaires.

À partir du 13 février, l'Entrepreneur a opté pour l'utilisation du produit A de déglçage. À nouveau, l'Entrepreneur a épandu à un taux d'application nettement supérieur aux taux de 390 kg recommandés dans le protocole intégré. Plusieurs occurrences de 800 kg de produit épandu ont été notées.

Le graphique ci-dessous présente le taux d'application de produits de déglçage et les précipitations enregistrées au cours de l'hiver.

## Quantité de produits déglaçants épanché vs Précipitations

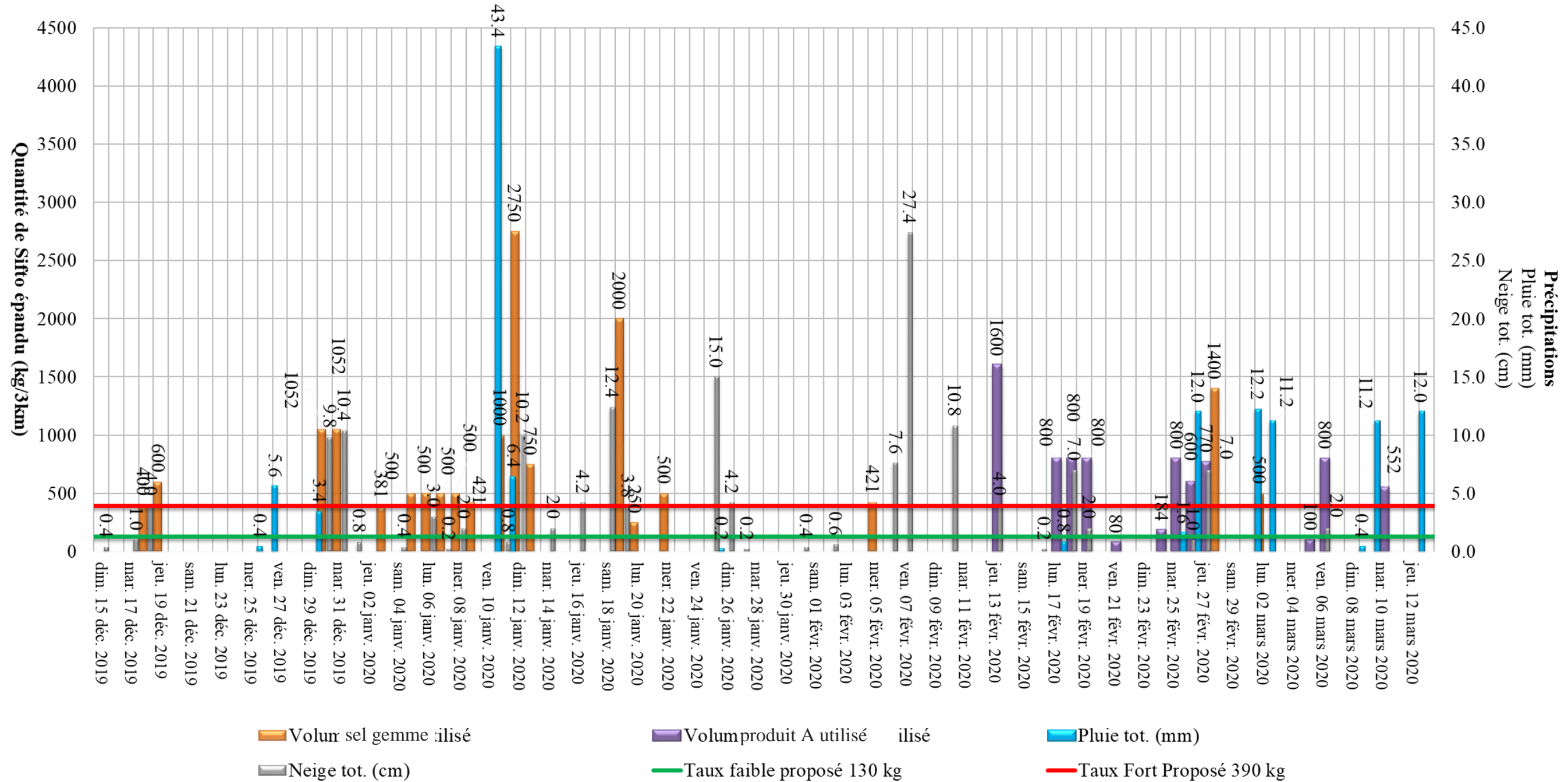


Figure 11 : Taux d'application de produits de déglçage et précipitations lors de l'hiver 2019-2020

### 2.3.3 Participation des cyclistes

En novembre 2019, PJCCI a fait un appel de candidature afin d'inciter des cyclistes bénévoles et volontaires à participer au projet de simulation hivernale 2019-2020. Plus de 150 cyclistes ont postulé et un total de 25 cyclistes témoins et trois (3) cyclistes partenaires a été sélectionné. Pour collaborer au projet, les participants se sont engagés à respecter les conditions d'utilisation édictées par PJCCI, à participer à une rencontre d'information et à traverser le pont plusieurs fois par semaine lorsque les conditions de la piste le permettent. Les cyclistes témoins ont été conviés à remplir un formulaire électronique à la suite chaque passage afin d'attribuer une note à la qualité de surface, de fournir leurs observations et de soulever tout autre commentaire jugé pertinent.

L'échelle d'évaluation de la qualité de surface a été établie comme suit :

**3** = La surface de roulement est adhérente sur l'ensemble le pont

**2** = La surface de roulement est adhérente en général, mais glissante à certains endroits

**1** = La surface de roulement est glissante sur le pont à plusieurs endroits

Dans la période du 23 décembre 2019 au 11 mars 2020, 1 095 passages ont été récoltés via ce formulaire, ce qui représente une moyenne de 23 passages par jour<sup>3</sup>. Il est à préciser qu'il est possible que certains cyclistes n'aient pas rempli le formulaire de façon rigoureuse et que ces nombres représentent une sous-estimation. En général, la condition de roulement et l'expérience de la traversée de la piste multifonctionnelle du pont ont été appréciées par les usagers. La moyenne d'appréciation de la qualité de surface par les cyclistes témoins se situe à 2,87 sur une échelle de 3. Nous pouvons donc conclure que les cyclistes se montrent globalement satisfaits de la qualité des opérations de déneigement. La Figure 12 présente la moyenne d'appréciation de la qualité de surface pour l'hiver 2019-2020. En général, les cyclistes témoins ont attribué une note de 3,00, et ce, presque tous les jours. Tel qu'anticipé, il peut être constaté que la moyenne d'appréciation chute sous la barre de 3,00 lorsque des précipitations surviennent en journée ou la journée précédente. Il peut être observé que la moyenne d'appréciation atteint rapidement la marque de 3,00, ce qui témoigne de l'efficacité des opérations de déneigement à assurer une qualité de surface sécuritaire et adhérente répondant aux attentes des cyclistes. Il est à noter que l'appréciation de la qualité de surface est un critère subjectif et risque de varier d'un cycliste à l'autre

Lors des essais hivernaux, les cyclistes témoins ont fait état de plusieurs constatations quant aux conditions et à l'expérience de roulement sur le pont. Les sections suivantes abordent certaines jugées pertinentes. Des rapports

---

<sup>3</sup> Les données visant la période du 24 décembre au 2 janvier et les journées où la piste a été fermée ont été retirées puisqu'elles ne sont pas représentatives du flux moyen quotidien.

hebdomadaires sur le retour des cyclistes ont été rédigés et partagés avec l'équipe de PJCCI aux fins de prises de mesures concernant ces observations.

## Évaluation de la surface de la piste par les cyclistes témoins (moyenne) vs Précipitations

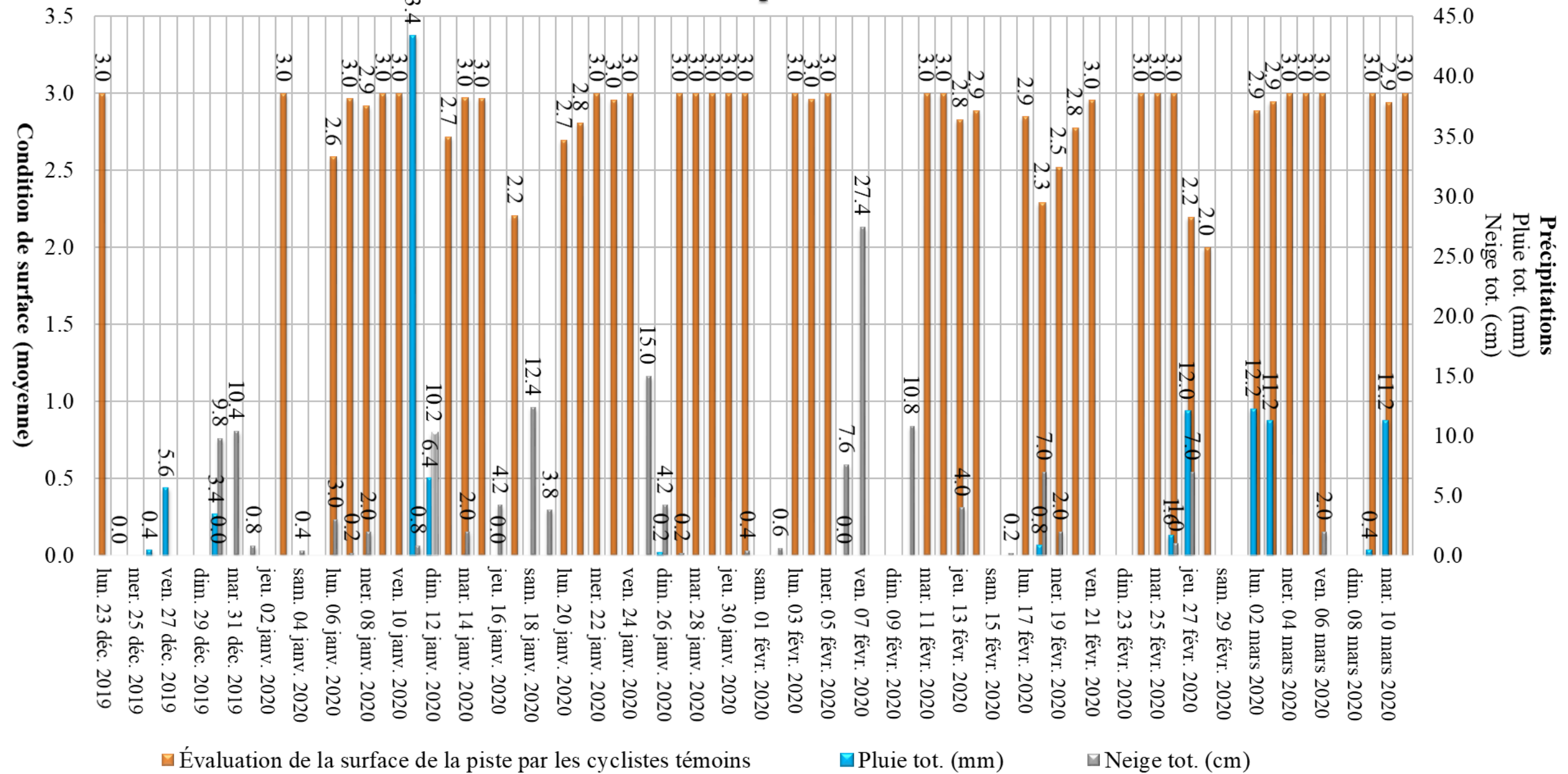


Figure 12 : Conditions de surface (moyenne) et précipitations lors de l'hiver 2019-2020

### 2.3.3.1 Qualité de surface sur le pont versus les pistes avoisinantes

Les commentaires de plusieurs cyclistes portaient sur le fait que la qualité des opérations de déneigement sur le pont est supérieure à celles effectuées ailleurs sur leur trajet quotidien. À de nombreuses occasions, alors que les précipitations de neige touchaient Montréal, les cyclistes témoins soulevaient que la qualité de surface de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier était supérieure à celle des réseaux cyclables adjacents.

### 2.3.3.2 Qualité de surface aux approches du pont

En général, la qualité de surface semble être appréciée par tous à l'exception des deux approches qui semblent plus problématiques. La surface aux approches de la section 1 et 9 ne semble pas se drainer de façon optimale et demeure mouillée, ce qui engendre des risques de formation de glace (voir la Figure 13).



Figure 13 : Surface mouillée et non drainée à la section 1 du pont Jacques-Cartier

### 2.3.3.3 Chicanes

Les cyclistes ont également commenté la présence de certaines chicanes, plus particulièrement la chicane appartenant à la Ville de Longueuil, près de l'entrée de la piste au boulevard La Fayette, laquelle restreint la largeur utile de la piste. Le déneigement ne semble pas fournir suffisamment d'espace pour la contourner. La Figure 14 ci-dessous démontre que les cyclistes doivent quitter l'espace déneigé et circuler sur une surface couverte de neige pour manœuvrer autour de la chicane. La Figure 15 quant à elle, démontre un espace de circulation assez restreint pour contourner cette chicane.

À la lumière de ce constat, l'une des chicanes de la Ville de Longueuil a été ouverte pour améliorer le passage des cyclistes.



Figure 14 : Chicane sur le territoire de la Ville de Longueuil près du boulevard La Fayette



Figure 15 : Largeur disponible pour contourner la chicane sur le territoire de la Ville de Longueuil





Figure 16 : L'une des chicanes sur le territoire de la Ville de Longueuil a été ouverte pour améliorer le passage

#### 2.3.3.4 Éclaboussures provenant de la route

Après les précipitations, la neige fond et se change en eau du côté de la route du pont Jacques-Cartier. Considérant que les drains de la route se situent près de la glissière séparant la route de la piste multifonctionnelle, on note invariablement une accumulation d'eau. Certains cyclistes témoins font état d'éclaboussures d'eau sale provenant de la route sur la piste multifonctionnelle lorsque les véhicules circulent à une vitesse élevée. Ceci est un risque qui peut se produire sur tout réseau qui possède une piste cyclable juxtaposée à la route.



Figure 17 : Éclaboussures d'eau sale provenant de la route

### 2.3.3.5 Quantité de produits de déglacage épanchés

À plusieurs occasions, les cyclistes ont noté qu'une grande quantité de produits de déglacage avait été épanchée. À leur avis, une quantité moindre serait tout aussi efficace et favoriserait même leur expérience de roulement. Certains cyclistes avancent même qu'une surutilisation de produits de déglacage pouvait avoir des effets néfastes sur la durabilité de leurs bicyclettes.

Les cyclistes ont aussi noté qu'il est plus agréable de circuler sur la piste lorsque les grains plus fins, dont ceux du produit A, sont utilisés plutôt que les grains plus grossiers du sel gemme. L'utilisation d'une trop grande quantité de sel diminue la surface de contact entre les pneus des bicyclettes et la surface en béton ce qui peut mener à une conduite hasardeuse.

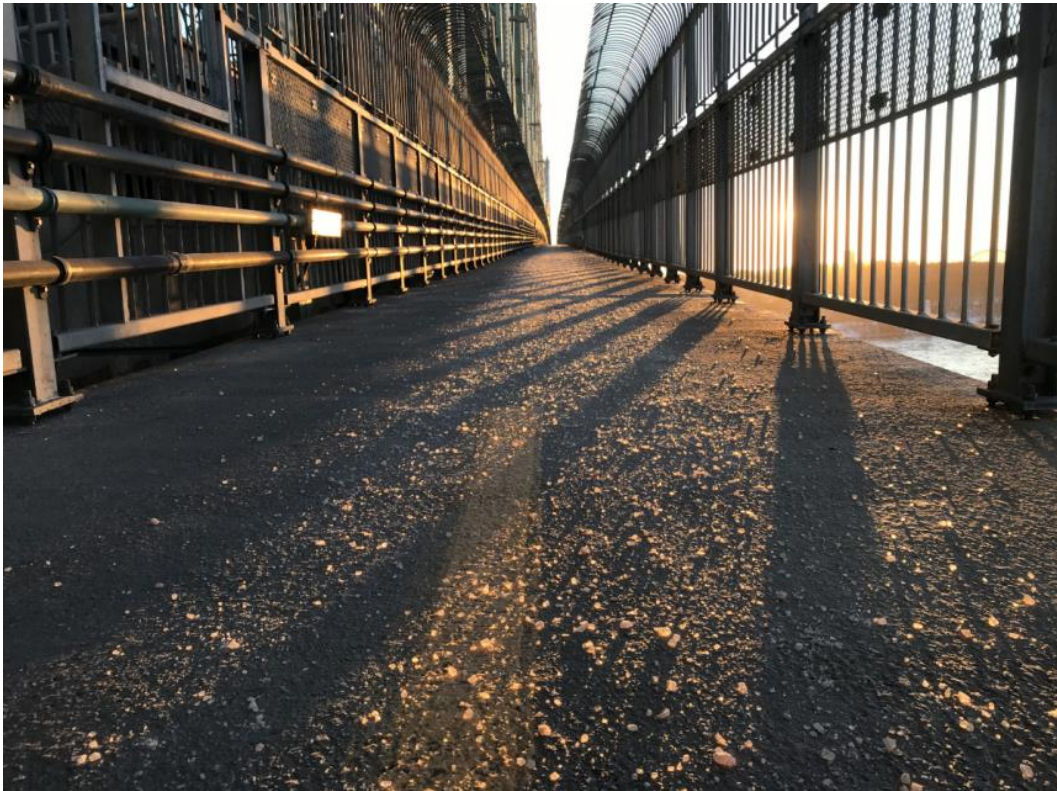


Figure 18 : Une grande quantité de produits de déglacage épanchés sur la piste

### 2.3.3.6 Formation de glace par l'eau de fonte

Certains cyclistes ont observé que des plaques de glace se forment après la fonte des murets de neige jonchant la piste. Des températures plus clémentes supérieures à 0°C suivies d'un épisode de refroidissement donnent lieu à une telle situation. Cette formation de plaque de glace n'est toutefois pas généralisée et n'affecte qu'une portion de la section utilisable de la piste.



Figure 19 : Bordure de neige fondante laissant sur la piste des coulisses d'eau propices au gel

### 2.3.3.7 Formation de flaques d'eau à la section 1

Il semble que le drainage de la piste multifonctionnelle du côté Longueuil, tout juste après la culée de l'axe A, soit inadéquat. À ce titre, les cyclistes ont noté à de nombreuses occasions la formation d'une flaque d'eau près de l'affiche historique à l'entrée du pont. La géométrie particulière à cet endroit favorise ce type de phénomène, particulièrement en situation de dévers.



Figure 20 : Flaque d'eau à la section 1 du pont



Figure 21 : Un ouvrier crée un chemin pour évacuer l'eau de la piste

### 2.3.4 Analyse du mouvement des cyclistes

Un total de 25 cyclistes témoins et trois (3) cyclistes partenaires a participé aux simulations hivernales et circulé sur le pont à l'hiver 2019-2020. Bien que ce

nombre représente une population restreinte pour analyser statistiquement les données recueillies, l'échantillon de 28 cyclistes est jugé acceptable, considérant l'achalandage quotidien potentiel de 330 passages sur la piste multifonctionnelle<sup>4</sup>. Tel qu'il est indiqué à la section 2.3.3, le nombre moyen de passages quotidiens atteignait 23 lors des simulations 2019-2020. Ce nombre représente donc un échantillon d'environ 7% de tous les passages anticipés. Il est donc possible de tirer des conclusions sur les comportements généraux des cyclistes à partir des données recueillies, tout en considérant le profil particulier d'un cycliste hivernal.

### 2.3.4.1 Heure de passage des cyclistes

Lors des simulations hivernales, les heures d'ouverture de la piste multifonctionnelle s'étendaient de 6h00 à 20h00. La Figure 22 démontre que les cyclistes témoins empruntent principalement la piste aux heures de pointe, notamment pour aller et revenir du travail de part et d'autre du pont. On peut noter qu'il y a très peu de cyclistes qui circulent sur le pont entre 10h00 et 14h00, ce qui constitue une fenêtre d'opportunité pour fermer la piste et effectuer des opérations de déneigement ou d'épandage de produits de déglacage essentiels ou préventifs, et ce, en minimisant l'impact sur les usagers.

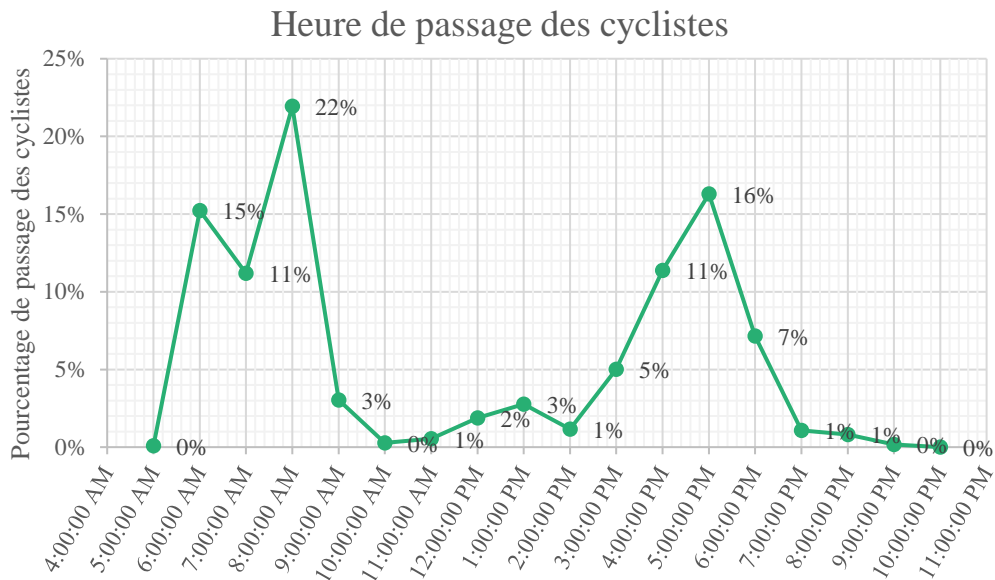


Figure 22 : Heure de passage des cyclistes témoins

<sup>4</sup> Page 24 – Rapport post-mortem sur le projet pilote d'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier – Arup – 09 octobre 2018

### 2.3.4.2 Nombre de cyclistes par rapport aux conditions météorologiques

Les Figure 23 et Figure 24 ci-dessous illustrent le nombre de passages de cyclistes ainsi que les températures ambiantes et précipitations encourues lors des simulations effectuées à l'hiver 2019-2020.

Les Figure 25 et Figure 26 ci-dessous présentent des graphiques qui comparent le nombre de passages de cyclistes versus la température ambiante et la vitesse du vent sous forme de nuage de points. Ces figures démontrent une absence de corrélation entre le nombre de cyclistes empruntant le pont quotidiennement et la température extérieure ou la vitesse du vent. Ceci pourrait être justifié par le fait que les cyclistes hivernaux sont généralement plus aguerris et intrépides face aux conditions météorologiques. On peut donc conclure que la piste devrait demeurer ouverte, peu importe la température extérieure ou les facteurs éoliens, sauf si les conditions sont jugées non sécuritaires.

Toutefois, la Figure 27, qui présente un graphique sous forme de nuage de point comparant le nombre de passages de cyclistes versus les précipitations enregistrées, semble démontrer une légère corrélation. En effet, un nombre moindre de cyclistes semble emprunter la piste lorsque les précipitations de neige et de pluie atteignent respectivement 4 cm et 4 mm.

Ces données<sup>5</sup>, caractérisant le comportement des cyclistes témoins, semblent correspondre étroitement aux données présentées à la Figure 28 par Vélo Québec relativement aux comportements des cyclistes hivernaux face aux conditions météorologiques.

Pour confirmer ces données et conclusions, il est suggéré de poursuivre la collecte de données lors d'une ouverture au grand public afin de permettre une prise de décision éclairée quant à l'ouverture de la piste face aux prévisions météorologiques. Il est à noter que, si fréquentes, des décisions de fermeture de la piste pourraient avoir comme conséquence d'engendrer une perception d'imprévisibilité du statut d'ouverture de la piste chez les usagers. Il est avancé que les cyclistes pourraient choisir de ne pas emprunter le pont lorsque des précipitations sont annoncées, par crainte de ne pas pouvoir emprunter le pont à leur retour en raison d'une fermeture potentielle en cours de journée. En conséquence, il est recommandé de limiter le nombre de fermeture de la piste le plus possible, tout en assurant un statut sécuritaire.

---

<sup>5</sup> Les données pour la période du 24 décembre au 2 janvier et les journées où la piste a été fermée ont été retirées puisqu'elles ne sont pas représentatives du flux moyen quotidien.

### Nombre de passages vs Température

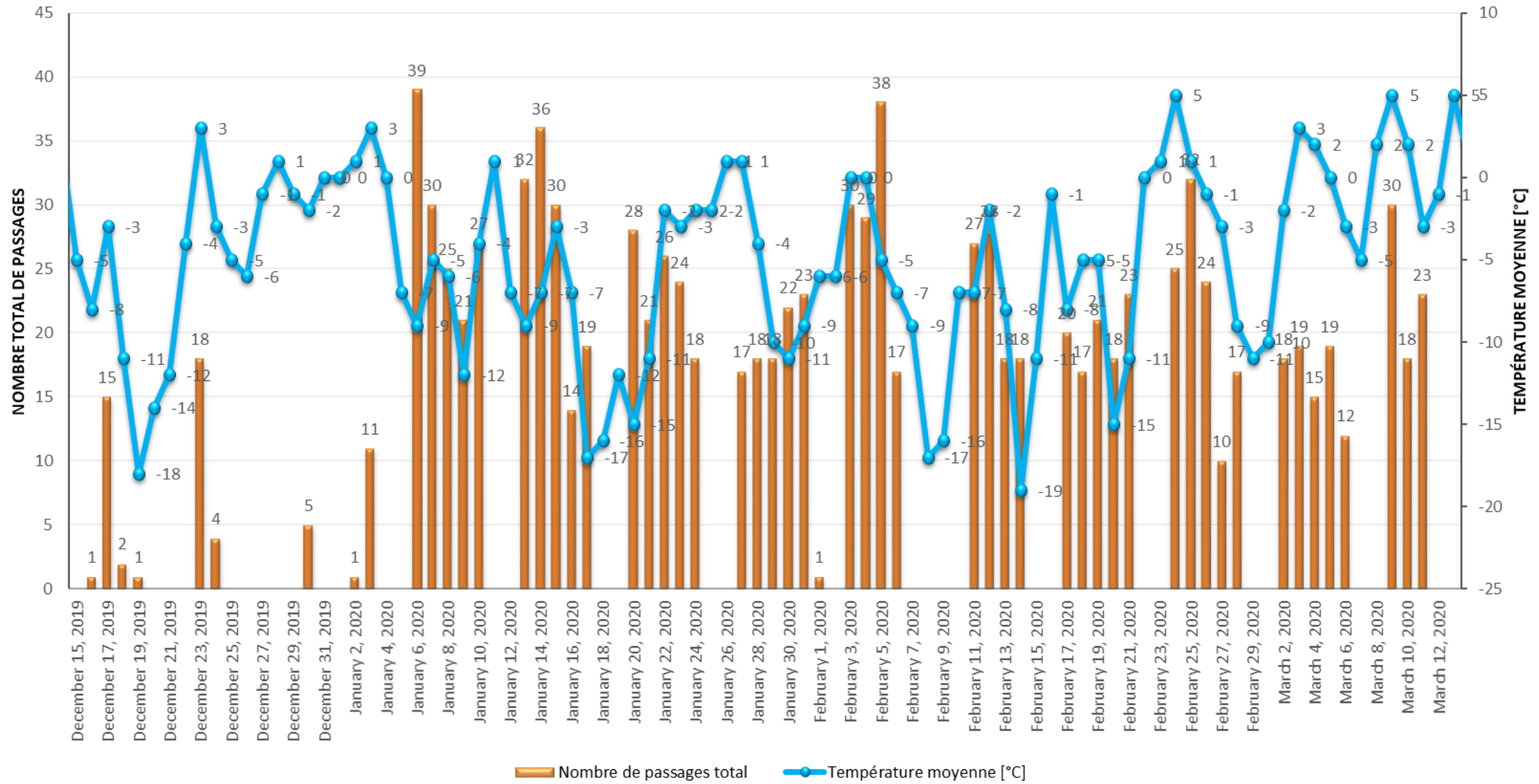


Figure 23 Nombre de passages vs température extérieure lors des simulations 2019-2020



### Nombre de passages vs Précipitations

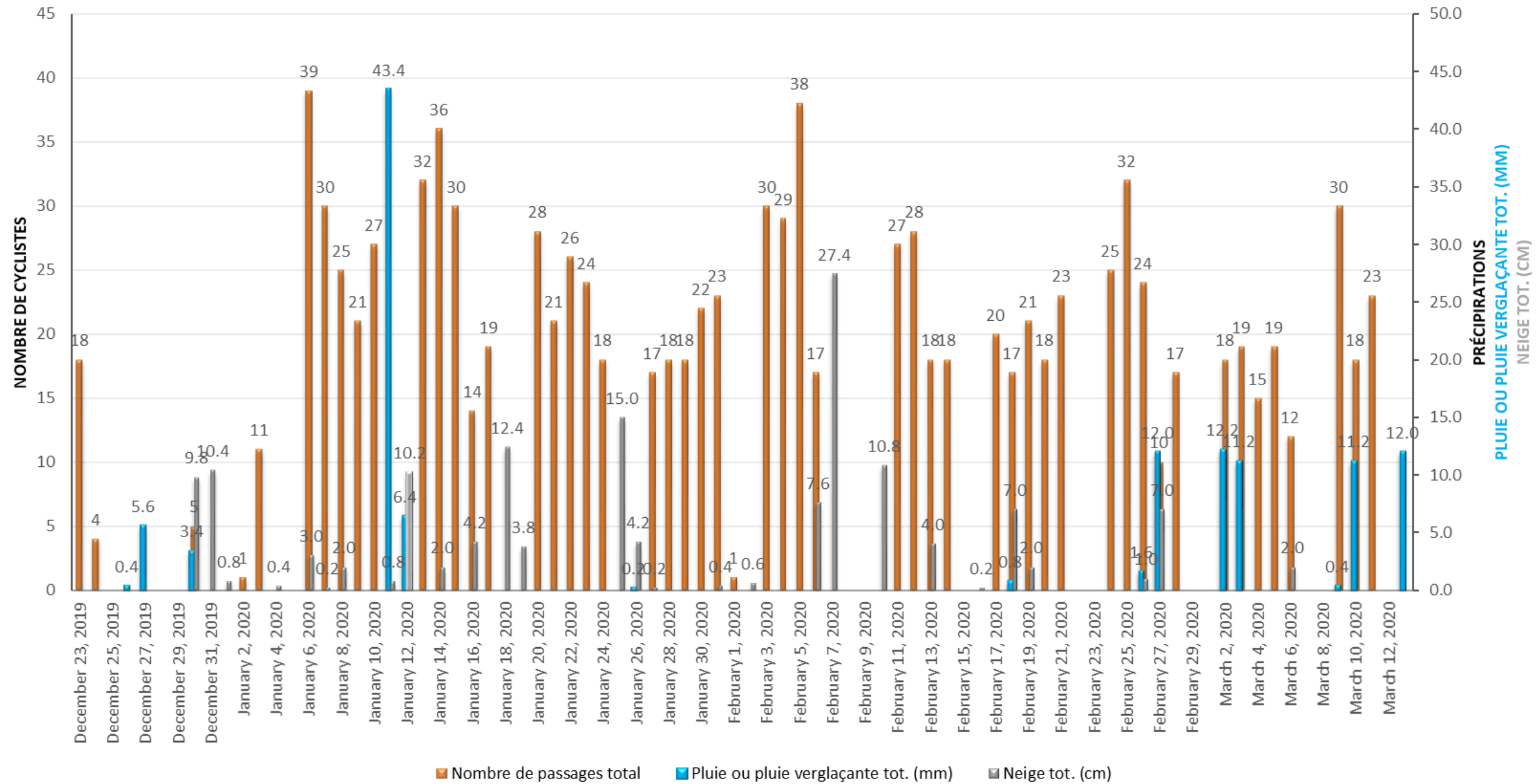


Figure 24 Nombre de passages vs précipitations lors des simulations 2019-2020

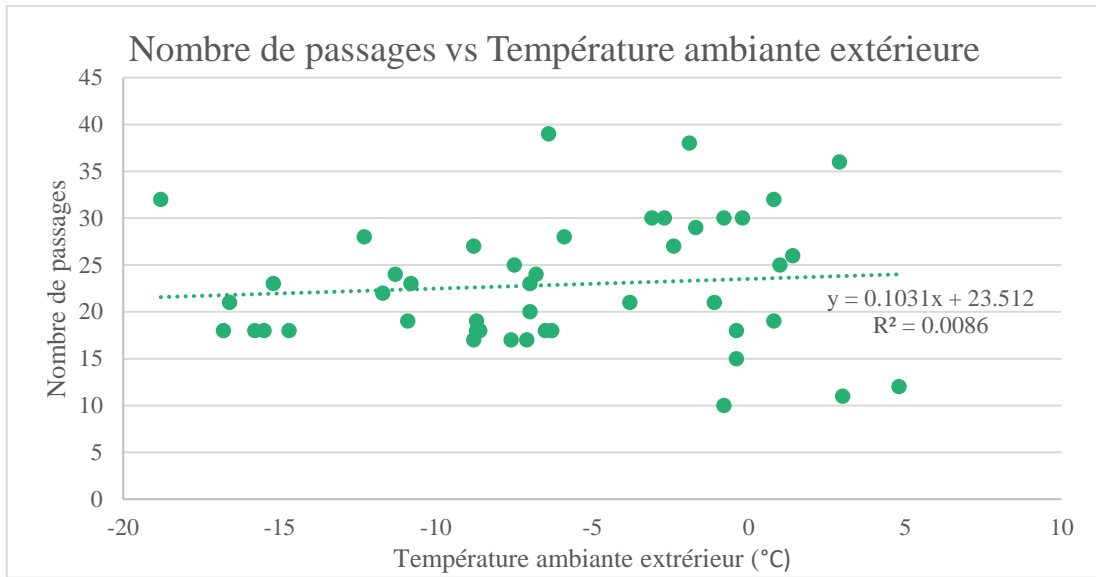


Figure 25 : Nombre de passages vs température extérieure

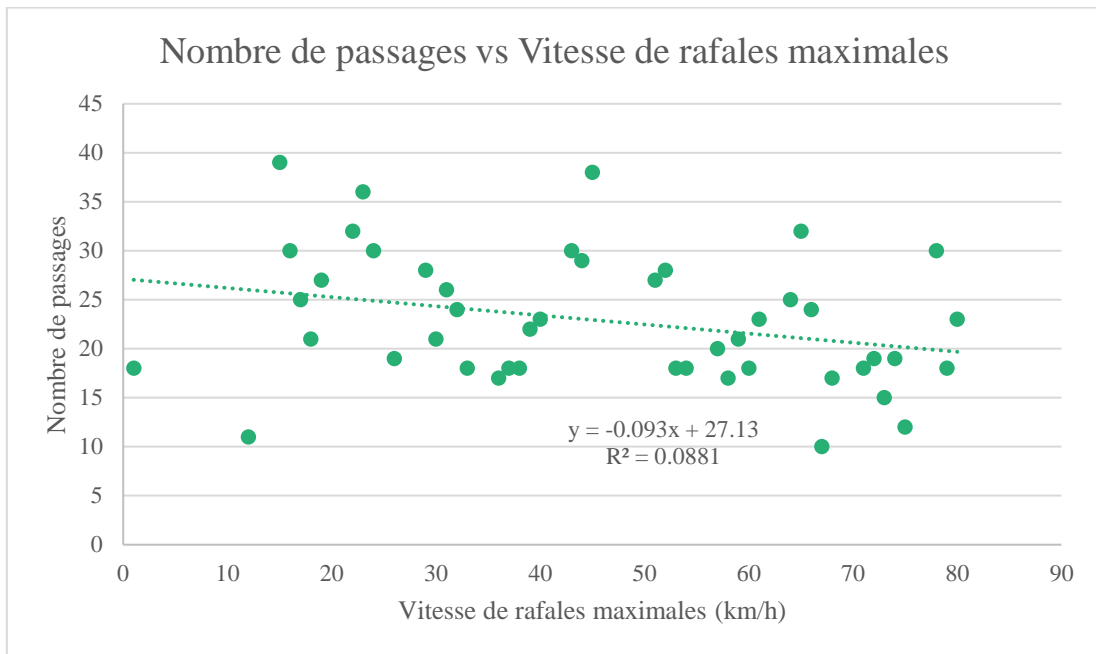


Figure 26 : Nombre de passages vs vitesse de rafales maximales

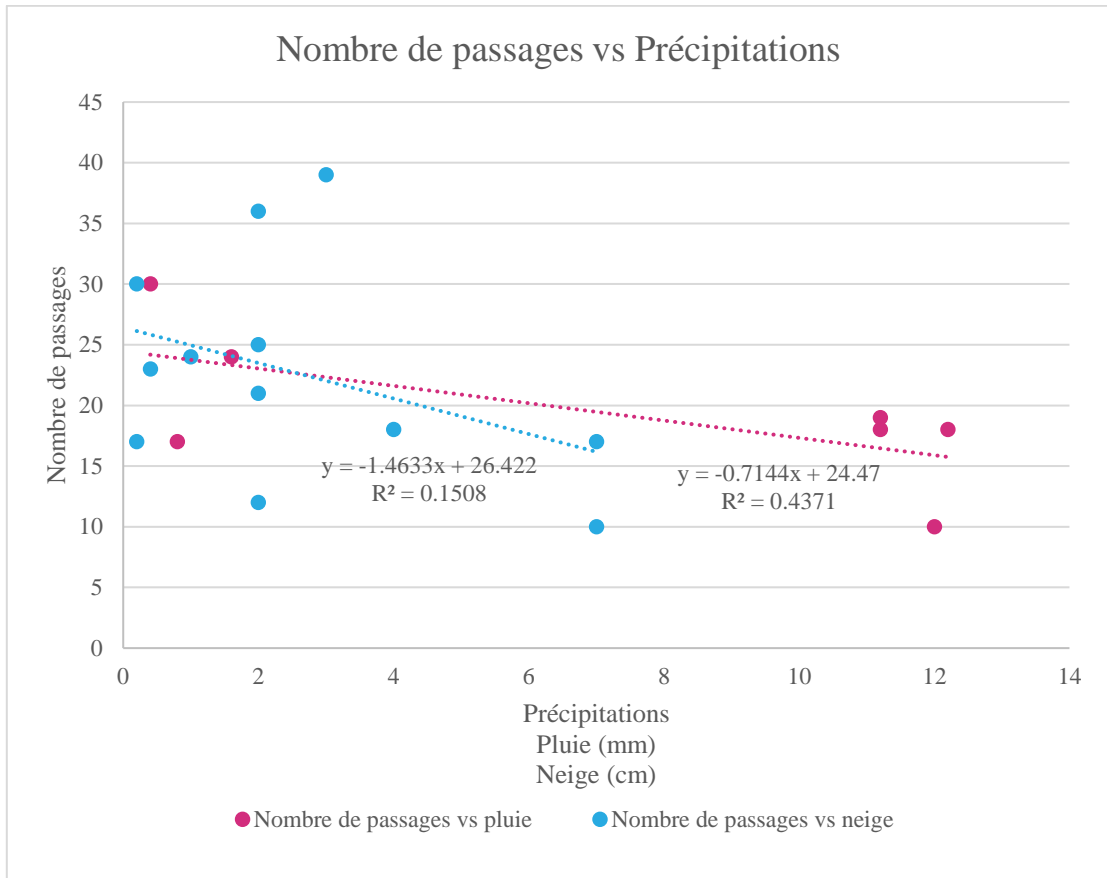


Figure 27 : Nombre de passages vs Précipitations

## VÉLO D'HIVER

LA NEIGE ET LE FROID EXTRÊME  
N'ARRÊTENT PAS LES CYCLISTES D'HIVER!

**13%** des cyclistes font du vélo été  
comme hiver, contre 6% en 2009



**65%**

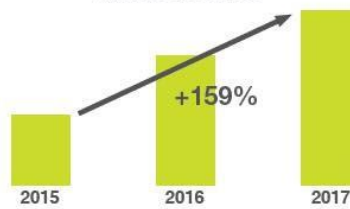
des cyclistes d'hiver ont  
pédalé le jour le plus froid  
de l'hiver dernier (-24°C)



**>70%**

des cyclistes d'hiver ont  
pédalé lors de la plus grande  
tempête de neige de l'année

Nombre de cyclistes au mois de  
Janvier et Février



Source: Ville de Montréal/Eco-Counter:  
avg: Berri, Parc, Rachel & Maisonneuve (2016-2017)

Figure 28 : Données Éco-compteur pour la Ville de Montréal, 2017

## 2.4 Modélisation des heures d'ouverture théoriques

Un deuxième volet de modélisation d'opérations hivernales a été réalisé dans le cadre de ce mandat. L'objectif étant de déterminer le nombre d'heures d'ouverture et de fermeture théoriques selon le protocole d'entretien hivernal si celui-ci avait été appliqué pendant les hivers précédents, soit les hivers de 2016 à 2019. À l'instar du modèle utilisé lors de l'étude précédente, des données et statistiques météorologiques (accumulation de neige et de verglas, durée des précipitations, etc.) ont été traitées pour générer un profil hivernal propre à chaque année et servir d'intrant aux analyses subséquentes.

### 2.4.1 Méthodologie

En s'appuyant sur la modélisation d'opérations hivernales menée lors du mandat 62576, une nouvelle approche de modélisation plus détaillée a été adoptée. Celle-ci a pris compte le taux de déneigement variant par rapport à l'accumulation de neige et l'intensité de l'événement. La période de référence modélisée s'étend du 1<sup>er</sup> novembre au 30 avril, à l'exception de l'analyse effectuée pour la saison hivernale de 2019-2020 qui, elle, se termine au début du mois de février en raison de la disponibilité des données au moment de l'étude. La période de référence s'étend sur une période semi-annuelle (de novembre à avril) en raison de la probabilité de neige basée sur les normales climatiques au Canada (station météorologique Montréal/Pierre Elliott Trudeau Intl A) comme le montre le tableau suivant :

Tableau 3 : jours avec neige selon les normales climatiques à la station météorologique Montréal/Pierre Elliott Trudeau Intl A de 1981 à 2010

acc. (cm)	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept	oct.	nov.	déc.	année
>= 1	28.7	26.4	20	2.6	0	0	0	0	0	0.1	5	21.2	104.1
>=5	23.6	20.9	15	1.3	0	0	0	0	0	0	2.2	16.5	79.6
>=10	15.5	14.1	11.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0.7	10.3	52.5
>=20	5.2	7.4	6	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	2.4	21.3

Le modèle a également été optimisé afin de réduire les cas d'ouverture d'une durée de 3 heures ou moins. Cette nouvelle approche a permis de produire des résultats plus représentatifs que ceux obtenus lors du mandat 62576. Le modèle prend en compte un taux de déneigement variable qui se base sur le protocole de déneigement employé, les équipements déployés ainsi que l'accumulation totale de neige sur la piste multifonctionnelle, le but étant de calibrer le modèle pour mieux calculer la

durée totale des opérations. Les taux de déneigement sont approximatifs et se basent sur des durées moyennes des diverses opérations et protocoles observées lors des visites de site. La calibration des paramètres de taux de déneigement figure dans le tableau suivant.

Tableau 4 : calibration des paramètres de taux de déneigement

Accumulation	0 – 3 cm	3 – 6 cm	6 – 8 cm	8 – 10 cm	10+ cm
<b>Taux de déneigement</b>	0 (travaux de nuit seulement)	0.5 cm/h	2.0 cm/h	3.0 cm/h	4.0 cm/h
<b>Performance correspondante</b>	0 (travaux de nuit seulement)	2 h/cm	0.5 h/cm	0.33 cm/h	0.25 cm/h

En outre, un deuxième scénario comportant un seuil d'acceptabilité de 5 cm ou moins a été considéré afin d'évaluer le niveau requis de ressources et ensuite de comparer les gains en nombre d'heures d'ouverture entre les deux niveaux de service potentiellement offerts. À titre d'exemple, on retrouve à la Figure 29 et à la Figure 30, une comparaison ponctuelle des deux scénarios au cours d'une période de 72 heures, du 7 au 9 janvier 2018. Les critères d'ouverture de 3 et 5 cm de neige ont été réduits de 0.5 cm dans le modèle et les graphiques suivants pour simuler une approche proactive en vue des prévisions météorologiques.

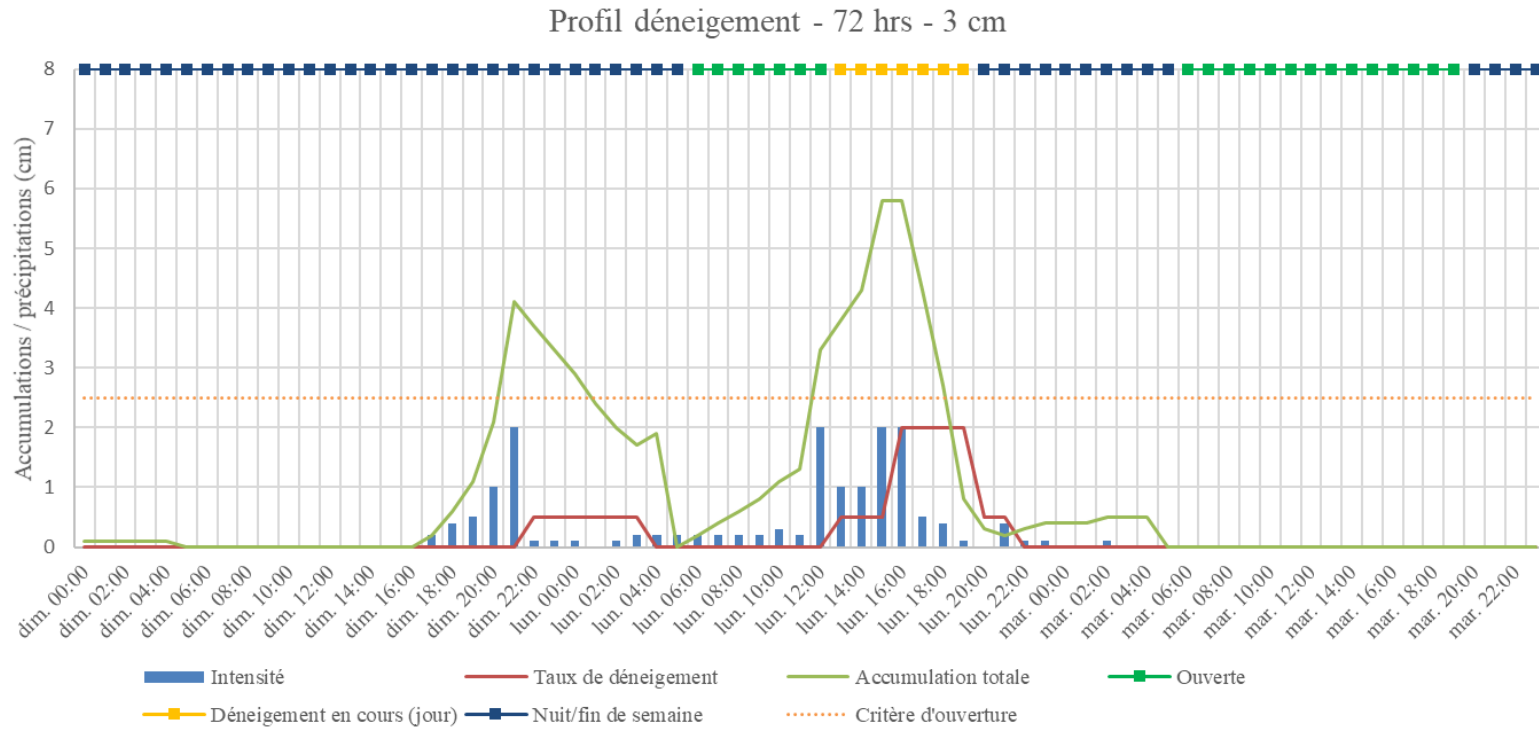


Figure 29 : profil des opérations de déneigement sur une durée de 72 heures (entre le 7 et le 9 janvier 2018, critère d'acceptabilité de 3 cm)

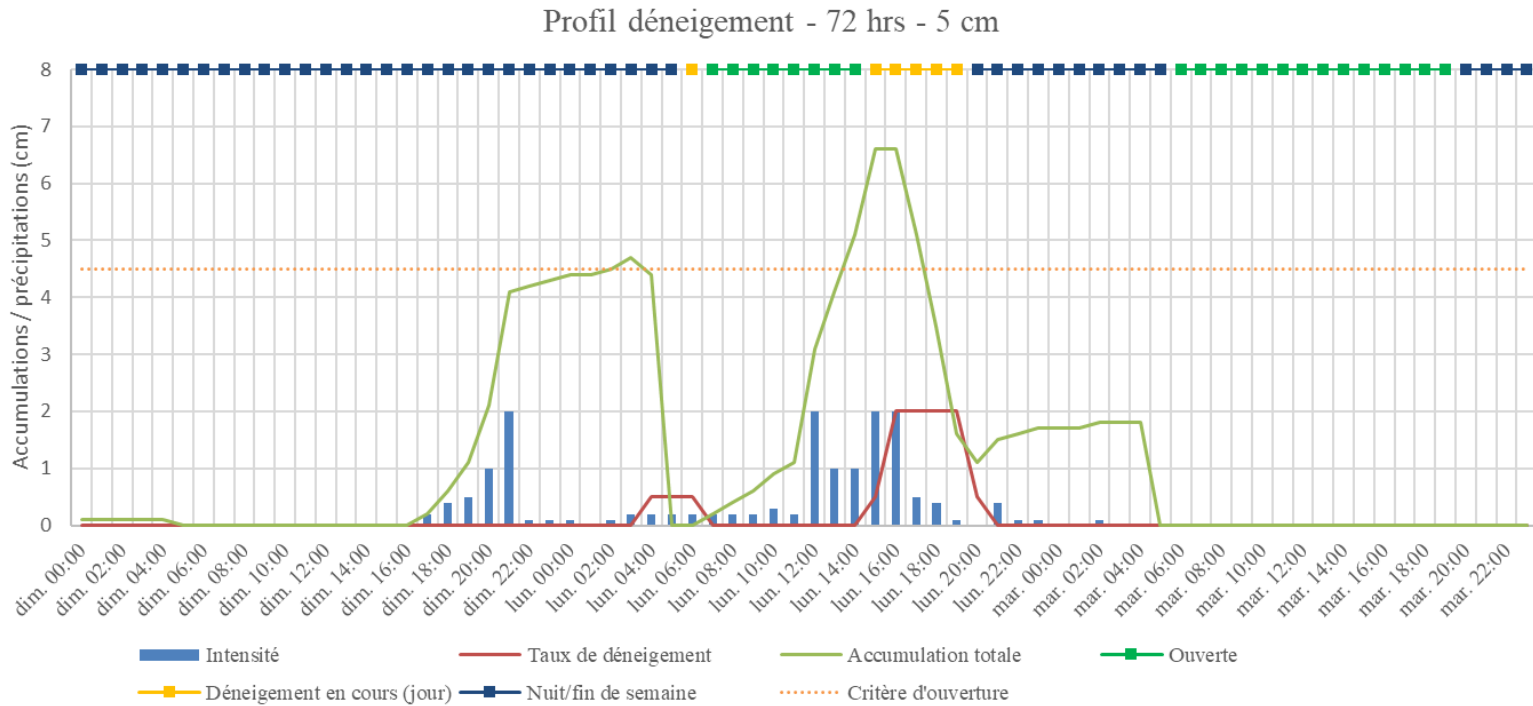


Figure 30 : profil des opérations de déneigement sur une durée de 72 heures (entre le 7 et le 9 janvier 2018, critère d'acceptabilité de 5 cm)



## 2.4.2 Résultats

### 2.4.2.1 Profil des hivers précédents (critère : 3 cm)

À partir des résultats des modèles basés sur un critère d'acceptabilité de 3 cm, et à l'aide des graphiques suivants apparaissant aux Figure 31 et Figure 32, les conclusions suivantes ont été observées :

- La piste multifonctionnelle est ouverte en moyenne 110 jours sur 129 jours, à savoir 85% du temps potentiel d'ouverture, excluant les fins de semaine, ce qui constitue 61% des 181 jours de la période de référence comme le montre les graphiques qui suivent;
- La piste multifonctionnelle est ouverte en moyenne 1 170 des 1286 heures, à savoir 91% du temps potentiel d'ouverture, excluant les heures de fin de semaine et de nuit), ce qui constitue 27% des 4 344 heures de la période de référence;
- Les opérations de déneigement ont eu lieu sur 11 des 52 jours de fin de semaine, à savoir 21% du temps ou 44 des 1 248 heures (5,9% du temps) de fin de semaine; et,
- Les opérations de déneigement se sont déroulées sur 125 des 1 810 heures (6,9% du temps) de nuit.

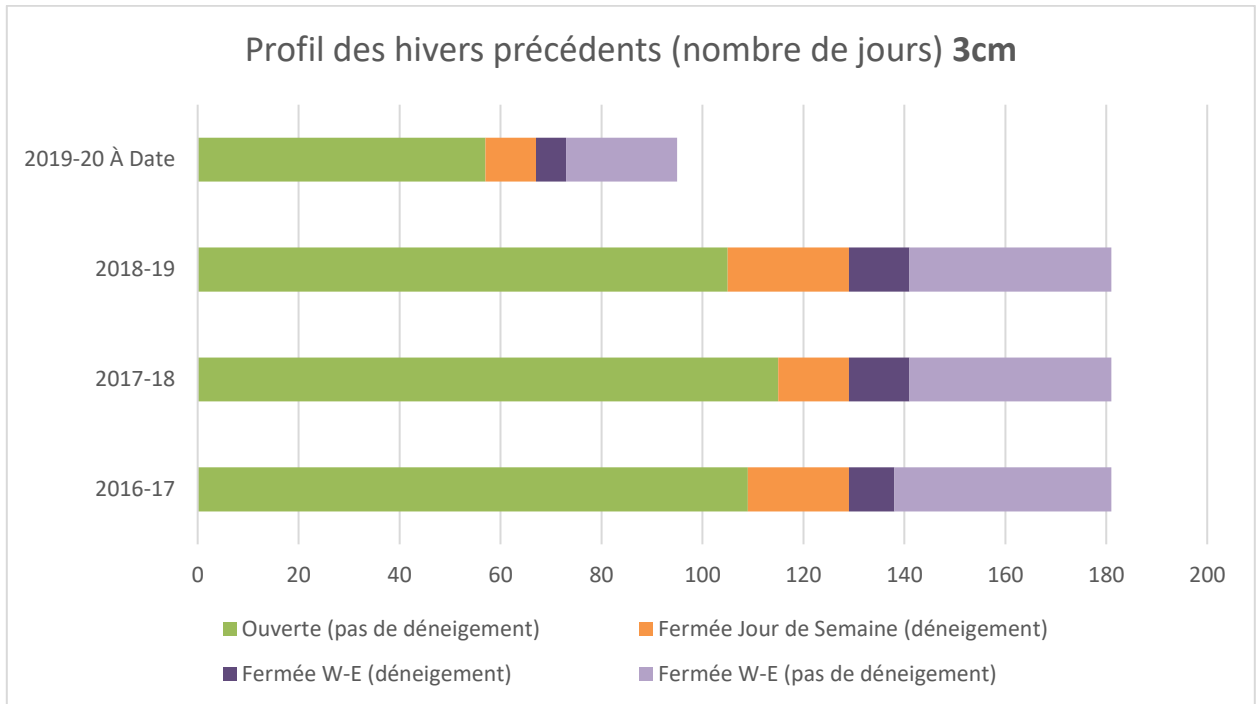


Figure 31: profil des hivers précédents en nombre de jours (critère d'acceptabilité de 3 cm)

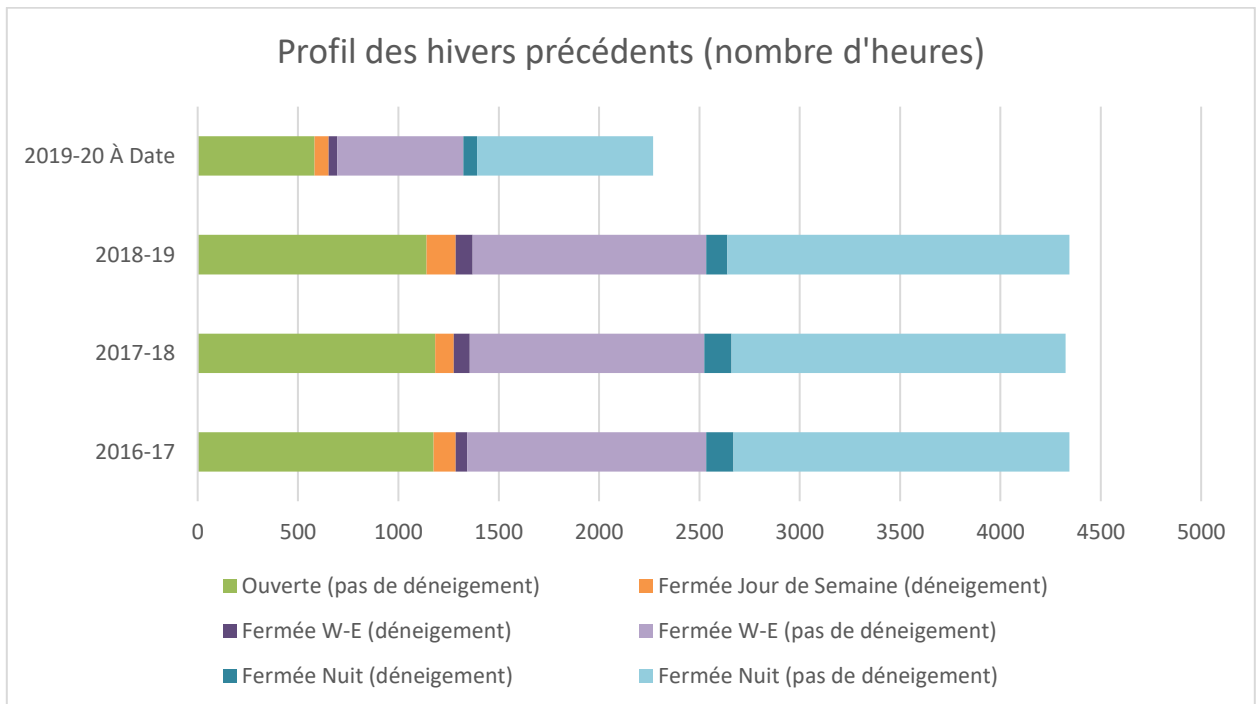


Figure 32: profil des hivers précédents en nombre d'heures (critère d'acceptabilité de 3 cm)

### 2.4.2.2 Profil des hivers précédents (critère : 5 cm)

À partir des résultats des modèles basés sur un critère d'acceptabilité de 5 cm, et à l'aide des graphiques suivants (Figure 33 et Figure 34), on peut noter que :

- La piste multifonctionnelle pourrait rester ouverte en moyenne 114 jours sur 129 jours, à savoir 88% du temps d'ouverture, excluant les fins de semaine, ce qui constitue 63% des 181 jours de la période de référence;
- La piste multifonctionnelle pourrait demeurer ouverte en moyenne 1 214 heures sur 1 286 heures, à savoir 94% du temps potentiel d'ouverture, excluant les heures de fin de semaine et de nuit, ce qui constitue 28% des 4 344 heures de la période de référence;
- Les opérations de déneigement ont eu lieu sur 8 des 52 jours de fin de semaine, à savoir 15% du temps ou sur 44 des 1 248 heures (3,5% du temps) de fin de semaine; et,
- Les opérations de déneigement se sont déroulées sur 78 des 1 810 heures (4,3% du temps) de nuit.

### Profil des hivers précédents (nombre de jours) 5cm

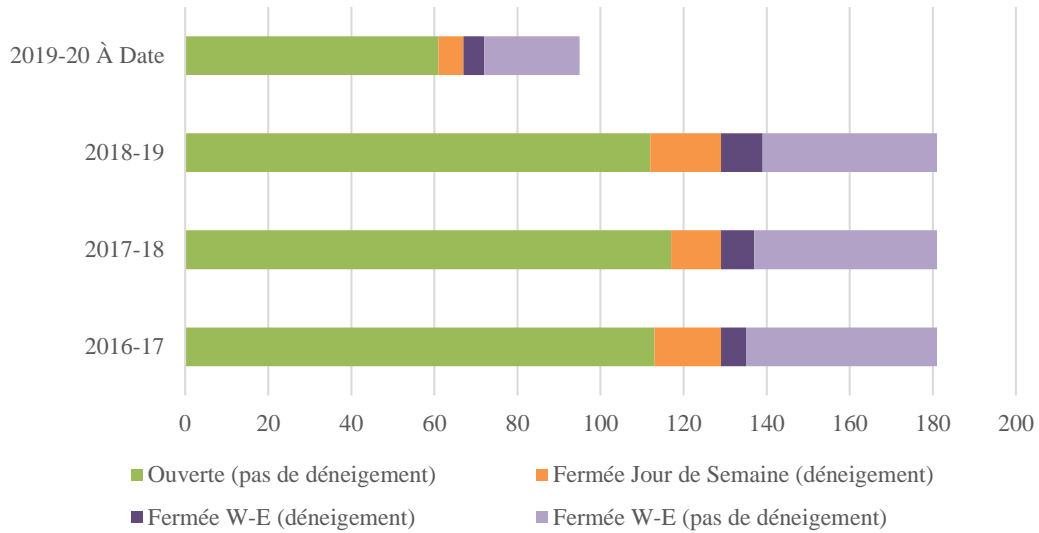


Figure 33: profil des hivers précédents en nombre de jours (critère d'acceptabilité de 5 cm)

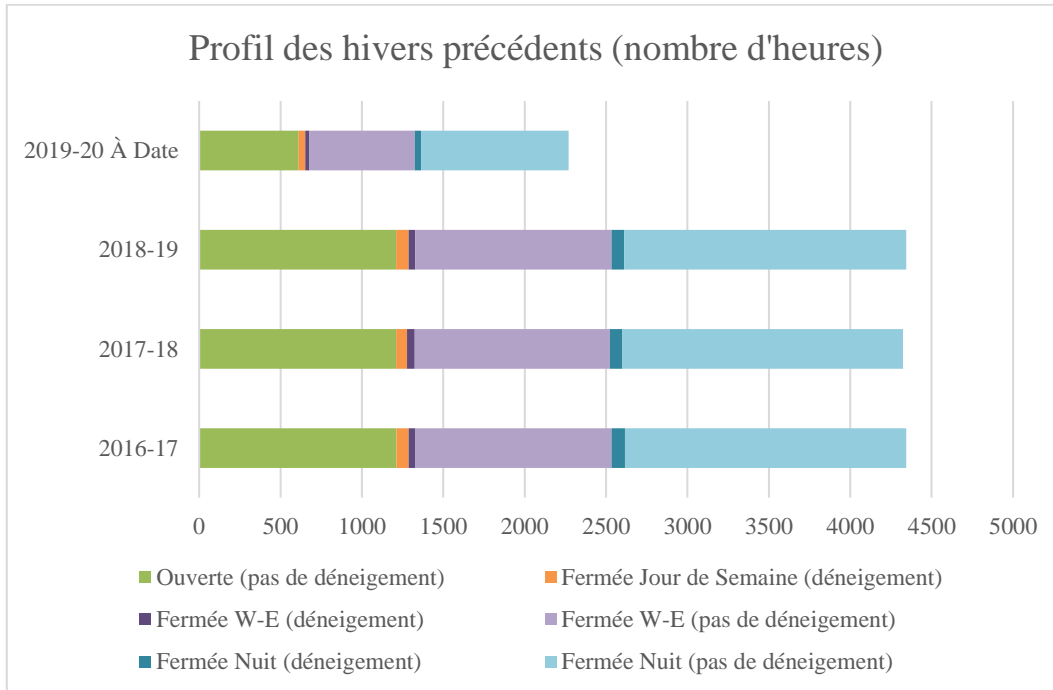


Figure 34: profil des hivers précédents en nombre d'heures (critère d'acceptabilité de 5 cm)

### 2.4.2.3 Comparaison d'un hiver typique (critère de 3 cm à 5 cm)

Par la suite, une comparaison d'un hiver typique a été effectuée en passant d'un critère de 3 cm à 5 cm. À partir des graphiques suivants (Figure 35 et Figure 36), on peut retirer les informations suivantes :

- Un gain de 4 jours, en moyenne, en passant de 3 à 5 cm, soit un gain de 3,6% sur les jours potentiels d'ouverture, excluant les fins de semaine;
- Un gain de 44 heures, en moyenne, soit un gain de 3,8% sur les jours potentiels d'ouverture, excluant les fins de semaine); et,
- Une augmentation négligeable de la durée d'ouverture de la piste multifonctionnelle en augmentant le critère d'ouverture.

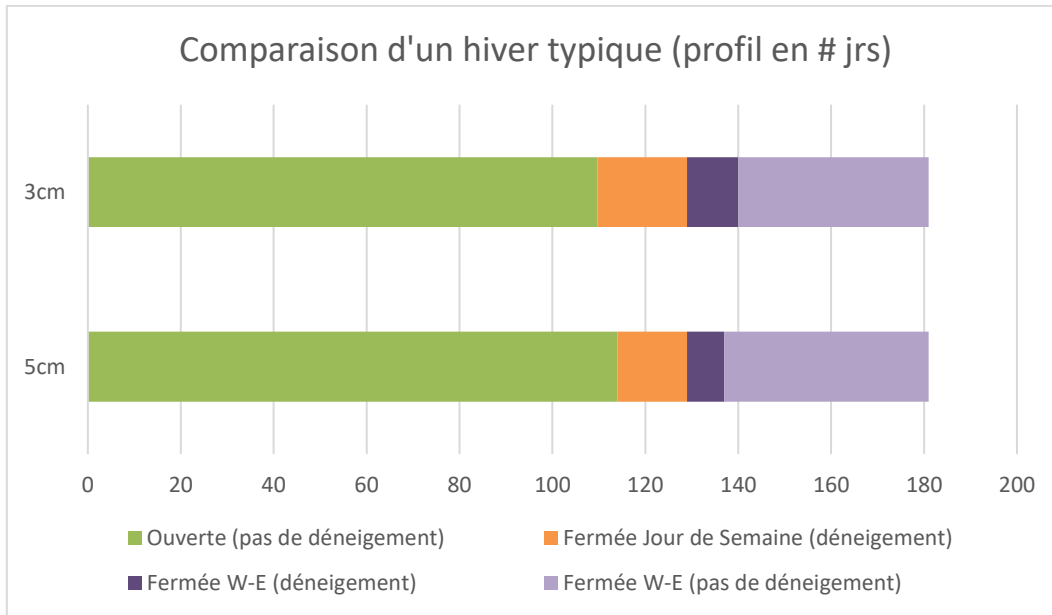


Figure 35 : comparaison d'un hiver typique (nombre de jours) en modifiant le critère d'acceptabilité de 3 à 5 cm

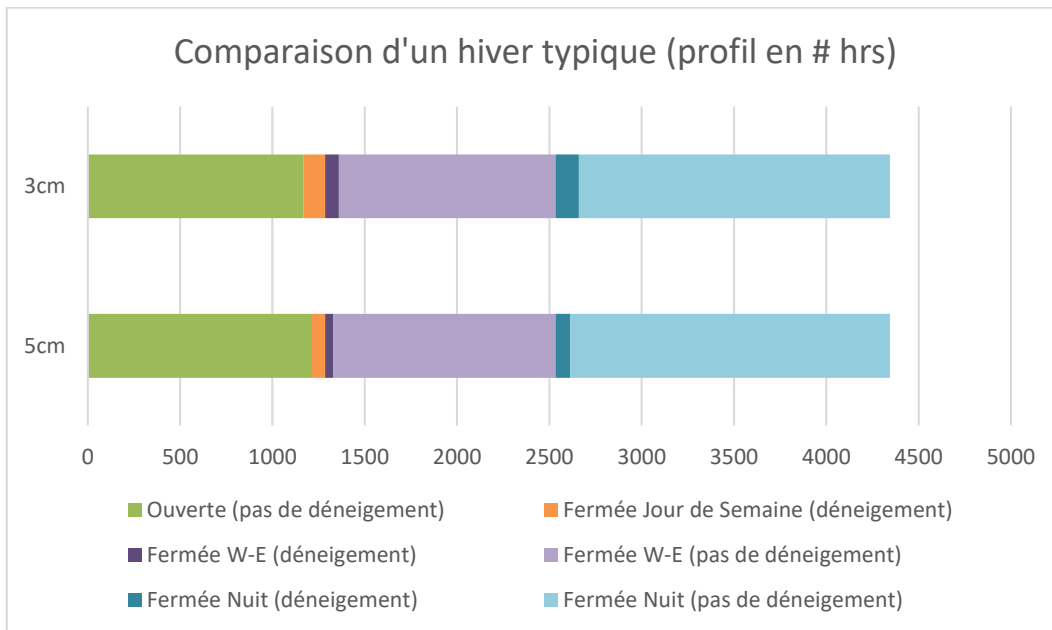


Figure 36 : comparaison d'un hiver typique (nombre d'heures) en modifiant le critère d'acceptabilité de 3 à 5 cm

## 3 Durabilité de la dalle de béton

---

### 3.1 Analyse qualitative – Évaluation des produits de déglacage

Suivant l'analyse préliminaire effectuée lors du projet pilote en 2017 - 2018<sup>6</sup>, le choix de produits de déglacage a été réduit aux quatre produits ayant reçu les notes les plus élevées en vue des simulations de déneigement entreprises cet hiver. La présente étude porte également sur des informations additionnelles obtenues sur les produits faisant l'objet de cette analyse.

La liste actuelle des produits sélectionnés, incluant le sel gemme comme produit de référence, est la suivante :

- Produit A

**Composants principaux :** chlorure de sodium, betteraves et autres sous-produits agricoles

**Description :** Ce produit est dérivé principalement de betteraves et d'autres composants biologiques, mélangés à du sel conventionnel. Selon le fabricant, il est également efficace jusqu'à -30°C.

- Produit B

**Composants principaux :** mélange exclusif de polyols, chlorure de sodium

**Description :** Ce produit de déglacage liquide est un produit agricole dérivé de ressources renouvelables, un mélange exclusif de polyols et saumure de chlorure de sodium, offrant une performance supérieure à celle de saumures traditionnelles, mais en étant moins corrosif.

- Produit C

**Composants principaux :** glycérol (glycérine) et autres sous-produits agricoles

**Description :** Selon le fabricant, ce produit ne contient pas de chlorure, sulfate ou nitrite et par conséquent ne nuira ni aux surfaces en béton ni aux métaux. Il est marqué comme non-toxique et reste efficace jusqu'à -30°C. Il peut aussi bien être utilisé dans un cadre d'antigivrage que comme produits de déglacage.

- Sel gemme (produit de référence)

**Composants principaux :** chlorure de sodium

---

<sup>6</sup> Rapport du projet pilote d'entretien hivernal de la piste cyclable du pont Jacques-Cartier (daté du 9 mai 2018)

**Description :** Le sel de voirie conventionnel est très peu coûteux et demeure largement disponible au Québec. Son grand potentiel corrosif constitue néanmoins un inconvénient majeur et son utilisation n'est pas non plus adaptée au contexte montréalais étant donné la chute d'efficacité en dessous de  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Tableau 5 : Tableau comparatif des produits

Nom du produit	Composant principal	Facteur de risque		
		RAG accéléré	Attaque chimique	Corrosion
<b>Produit A</b>	Chlorure de sodium, NaCl + betteraves et autres sous-produits agricoles	1	0	3
<b>Produit B</b>	Mélange exclusif de polyols + chlorure de sodium, NaCl	1	0	2
<b>Produit C</b>	Glycérine (glycérol) + glycol + polyéther	0	0	1
<b>Sel gemme</b>	Chlorure de sodium, NaCl	2	1	4
<i>*pour fins de comparaison uniquement.</i>				
Légende				
Résultat	RAG accélérée	Attaque chimique	Corrosion	
<b>0</b>	Aucune expansion	Aucune attaque	Aucune corrosion	
<b>1</b>	Expansion réduite	Attaque réduite avec expansion limitée	Vitesse de pénétration réduite	
<b>2</b>	Expansion modérée	Expansion et fissuration modérées	Vitesse de pénétration modérée	
<b>3</b>	Expansion élevée	Expansion et fissuration élevées	Vitesse de pénétration élevée	
<b>4</b>	Expansion extrême	Expansion et fissuration extrême en présence d'agrégats dolomitiques	Vitesse de pénétration et niveau de corrosion élevée	



Il serait également pertinent de prendre connaissance des considérations suivantes, notamment en ce qui concerne l'utilisation des produits à base de glycérol/glycérine :

- Bien que les produits à base de glycérine (glycérol) puissent corroder certains métaux/alliages, son faible impact sur l'oxydation des matériaux demeure l'atout principal du glycérine (glycérol). Le risque de corrosion pour les barres d'armature en acier dans du béton armé reste très faible, car celles-ci ne sont pas en contact direct avec le produit;
- L'utilisation de produits à base de glycérine (glycérol) comporte un risque potentiel de désintégration (lente) pour les surfaces en béton bien que cette substance, comparée à l'éthylène glycol (glycol), semble être moins nuisible d'un point de vue de durabilité. Il n'existe à ce jour aucune référence précise se prononçant sur ce sujet;
- La capacité de fonte des produits à base de glycérine (glycérol) est généralement inférieure à celle des autres produits liquides. Typiquement, il faudra ajouter des composants additionnels pour améliorer la performance (ex. 20% saumure de sel + glycol); et,
- L'éthylène et le propylène glycol n'ont aucun effet négatif sur la durabilité des surfaces en béton. En revanche, soumis à des températures plus élevées, ils peuvent potentiellement devenir corrosifs pour les métaux et nuisibles pour le béton (en raison d'une décomposition chimique et d'une formation subséquente d'acides oxaliques et formiques).

## 3.2 Analyse quantitative – Analyse de durabilité

Afin de valider l'analyse de durabilité effectuée lors du mandat 62576, divers essais pourraient être effectués sur la dalle de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier. L'analyse de durabilité de la piste multifonctionnelle du pont a été vérifiée à l'aide d'un outil développé à l'interne par Arup. Cet outil de modélisation probabiliste de durabilité se base sur le fib bulletin no. 34 *Model Code for Service life Design*. L'analyse, quant à elle, se base sur les paramètres, les variables et les distributions indiquées au tableau à la page suivante.

Les essais qui pourraient être effectués sont les suivants :

Tableau 6 : Essais de durabilité potentiels

Essai	Détail de l'essai	But de l'essai :
1 <b>Confirmation de l'enrobage de béton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pachomètre</li> <li>- Test non destructif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmer les données utilisées dans l'analyse de durabilité</li> <li>- Voir le point 1 à la</li> <li>-</li> <li>- ci-dessous pour l'entrée de l'analyse de durabilité qui sera impactée</li> </ul>
2 <b>État de corrosion du renforcement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartographie du potentiel (<i>Half-cell potential</i>) (ASTM C876-15)</li> <li>- Des trous de 1 pouce sont percés dans la dalle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmer l'état de corrosion des barres d'armatures</li> <li>- Identifier la zone la plus à risque de corrosion pour effectuer les essais 3 et 4</li> </ul>
3 <b>Profil chlorhydrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conteneur de chlorure hydrosoluble dans le béton (ASTM C 1218)</li> <li>- 3 à 5 carottes de béton sur 3 km du pont (50mm diamètre x 100mm longueur)</li> <li>- Possibilité de prendre les carottes dans la glissière et d'interpréter la concentration dans la dalle de la piste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmer la concentration d'ions de chlorure pour préciser l'analyse de durabilité</li> <li>- Voir le point 2 à</li> <li>-</li> <li>- ci-dessous pour l'entrée de l'analyse de durabilité qui sera impactée</li> </ul>
4 <b>Perméabilité du béton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Rapid Chloride Permeability" (ASTM C 1202)</li> <li>- 3 à 5 carottes de béton sur 3 km du pont (100mm diamètre x 50mm de longueur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmer la porosité du béton et le rythme auquel les ions de chlorures pourraient pénétrer dans la dalle</li> <li>- Voir le point 3 à la</li> <li>-</li> <li>- ci-dessus pour l'entrée de l'analyse de durabilité qui sera impactée</li> </ul>

Tableau 7 : Paramètres, variables et distributions utilisées pour effectuer l'analyse probabiliste de durabilité

Parameter	Variable	Dist.	Values	Unit	Ref.
Non steady state chloride diffusion coefficient design values:					
<b>Chloride migration coefficient</b>	Initial assumption for w/c=0.40 at t0=28 days	D <sub>rcm,0</sub>	Normal	x 10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /s	μ=4.0; σ=0.2·μ [2]
	Assumption for w/c=0.40 at t=15 years				μ=0.4; σ=0.2·μ [-]
<b>Reference point of time</b>	time for first exposure (initial chloride load)	t <sub>0</sub>	Constant	28	days [1]
	time for exposure (salt spread event)	t <sub>0</sub>	Constant	15	years [-]
Ageing factor					
<b>Ageing factor</b>	a	Beta	μ=0.40; σ=0.16·μ; a=0; b=1	-	[2]
Temperature effects					
<b>Reference temperature for laboratory tests</b>	T <sub>ref</sub>	Constant	293.15	K	[1]
<b>Real temperature of the structural element</b>	T <sub>real</sub>	Normal	μ=278.4; σ=10.9	K	[-]
<b>Environmental variable</b>	b <sub>e</sub>	Normal	μ=4800; σ=700	-	[1]
Concrete cover					
<b>Concrete cover to reinforcement</b>	a	Normal	μ=50.0; σ=15.0/1.64 (horizontal) μ=50.0; σ=10.0/1.64 (vertical)	mm	[-]
Initial chloride content of concrete					
<b>Initial chloride content</b>	C <sub>0</sub>	Normal	μ=0.055; σ=0.028	wt.-%/cem.	[3]
Chloride content					
<b>Convection depth</b>	Spray or surface runoff	Δx	Constant	0	mm [1]
	Splash / wetting-drying effects		Beta	μ=8.9; σ=5.6; a=0; b=50.0	mm [1]
<b>Surface chloride concentrations</b>	C <sub>sΔx</sub>	Lognormal	(C-1.2) t<15 years, spray μ=2.0, σ=0.75·μ (C-1.2) t>15 yr, deck μ=4.0, σ=0.75·μ (C-1.3) t>15 yr, glissière μ=3.0, σ=0.75·μ	wt.-%/cem.	[2]
Critical chloride concentration					
<b>Conventional steel reinforcement</b>	C <sub>crit</sub>	Beta	μ=1.2; σ=0.30; a=0.6; b=3.0	wt.-%/cem.	[4]
Design life					
<b>Time</b>	t <sub>SL</sub>	Constant	5-year increments until 75 years	years	[-]

4

1

3

Il est proposé que les essais soient exécutés selon la séquence présentée ci-dessous avec pour objectif de cerner la position optimale pour effectuer les essais #3 et #4, c'est-à-dire la position ayant la probabilité la plus élevée d'avoir de large concentration d'ions de chlorure.

- Effectuer l'essai #1 (confirmation de l'enrobage de béton) à un seul endroit (section 8);
- Effectuer l'essai #2 (cartographie du potentiel) à 4 endroits différents (sections 2, 7, 8 et 9). Ces sections ont été sélectionnées afin de tester les différentes configurations de la piste multifonctionnelle et ainsi permettre d'identifier l'endroit où le risque de corrosion est le plus élevé;
- Par la suite, effectuer trois carottages pour chacun des essais #3 et #4 à l'endroit identifié comme le plus à risque de corrosion.

L'analyse de durabilité pourrait être mise à jour suivant les résultats de ces essais.

## 4 Environnement

---

L'étude ci-dessous est destinée à fournir des informations supplémentaires concernant la section Environnement du rapport post-mortem du projet précédent, Ct. 62576. En ce sens, le contexte ou la méthodologie n'est pas reprise alors que les résultats ne sont discutés que sommairement. Depuis la dernière révision datée du 9 octobre 2018, tant la réglementation que de nouveaux produits sont apparus. Les sections qui suivent en font la revue.

### 4.1 Revue réglementaire suite aux récentes modifications législatives

En 2019, le projet de loi C-68 « Loi modifiant la Loi sur les pêches et d'autres lois en conséquence » a obtenu la sanction royale canadienne. La modernisation de la Loi sur les pêches a permis de donner un cadre à la conservation et à la protection du poisson, mais également à son habitat. Les nouvelles dispositions font en sorte que la loi s'applique à tous les poissons et leur habitat, et ce, partout au Canada. Soulignons également le retour d'interdictions applicables avant la modification de la loi en 2012, soient les interdictions de causer la mort du poisson ainsi que la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson (DDPH). Ainsi, l'article 35(1) a été modifié pour le présent texte :

*« Il est interdit d'exploiter un ouvrage ou une entreprise ou d'exercer une activité entraînant la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson. »*

La définition de substance nocive aux articles 34(1a) et 34(2) est toutefois inchangée, de même que l'interdiction de rejeter ces substances dans des eaux où vivent des poissons (article 36(3)).

Avec l'entrée en vigueur des articles 34.2 et 35.1, le gouvernement se donne le pouvoir de publier des normes et des codes de pratiques pour encadrer la protection du poisson et de son habitat, et de désigner des projets qui entraîneront vraisemblablement la mort du poisson ou la DDPH. Le site internet du ministère des Pêches et Océans Canada (MPO) regroupe les normes et codes de pratiques de même qu'une liste de mesures d'évitement, d'atténuation et de compensation. Lors de la consultation du site internet du MPO, aucune information n'a été notée concernant les activités de déneigement, de rejet de neige dans un cours d'eau, ni l'usage de produits de déglçage.

Du côté provincial, il était important de vérifier si les activités précitées étaient incluses dans la note d'instruction (avril 2019) du MELCC<sup>7</sup> « Activités à risque négligeable – Listes des exemptions administratives à l'application des articles 22 et 30 de la Loi sur la qualité de l'environnement », en attendant l'édition du

---

<sup>7</sup> Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Règlement relatif à l'autorisation ministérielle et à la déclaration de conformité en matière environnementale. Après vérification, la seule référence trouvée en lien avec le déneigement et les produits de déglçage concerne le transport et l'élimination de la neige dans les grands stationnements. La note d'instruction 09-02 qui accompagne cette activité n'interdit pas spécifiquement de rejeter la neige dans un cours d'eau, mais exige toutefois ce qui suit :

*« La neige tombée sur une aire de stationnement d'un commerce, d'une institution et qui est enlevée, transportée et déposée définitivement à un autre endroit du même stationnement, se situant à plus de 15 mètres de tout lac, étang, cours d'eau, milieu humide, à l'extérieur de la zone d'inondation 0-20 ans et à plus de 100 mètres d'un puits d'alimentation en eau potable, et ce, sans passer par une voie de circulation publique, constitue une exception à l'article 1 du Règlement sur les lieux d'élimination de neige. Ainsi, ce dépôt de neige ne constitue pas un lieu d'élimination au sens du règlement et n'a pas à faire l'objet d'un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22. »*

En résumé, cette revue n'a pas permis de noter de nouvelles exigences spécifiquement au projet d'entretien hivernal de la piste cyclable du Pont Jacques-Cartier. Il demeure donc toujours d'actualité que, selon la réglementation québécoise, la neige sera traitée comme un contaminant (matière résiduelle) seulement si elle fait partie d'un enlèvement et d'un transport. Les législations québécoise et canadienne ciblent davantage le rejet de neige usée renfermant des produits de déglçage, mais n'interdit pas formellement l'activité de rejeter le déblaiement de la neige (sans transport) dans un cours d'eau ou un lac. Ainsi, les conclusions et recommandations émises à la section Environnement du rapport post mortem de 2018 demeurent valides et pertinentes.

## 4.2 Analyse de nouveaux produits de déglçage

Le tableau ci-dessous présente les nouveaux produits de déglçage ciblés par Arup et PJCCI. On remarque que le sel gemme est retenu comme produit de référence. Les trois produits testés sont assez différents quant à leur composition et leur utilité.

Tableau 8 : Produits de déglacement considérés

Nom du produit (fournisseur)	Principal composant	Commentaire
<b>Sel gemme</b>	Chlorure de sodium	Produit de référence
<b>Produit A</b>	Chlorure de sodium et sucres	Sel gemme (95 à 97% du poids) tamisé avec un extrait dégradé alcalin de sucre de betterave (3 à 5 % du poids). Produit plus efficace comme déglaçant.
<b>Produit B</b>	Composants biologiques issus de produits de culture, un polyol exclusif	Betterave, maïs et soja. Idéalement dilué avec de la saumure (en proportions 30:70) mais reste efficace jusqu'à -30°C. Produit conçu pour le prémouillage ou servir comme antigivrage ou déglaçant.
<b>Produit C</b>	Glycérine (glycérol) + glycol + polyéther	Marqué comme étant non-toxique et reste efficace jusqu'à -30°C. Il peut aussi bien être utilisé dans un cadre d'antigivrage que comme produits de déglacement.
<b>Produit abat-poussières (non testé)</b>	Glycérine et autres composants (85%)	Contient une faible proportion de chlorure de sodium et de métaux. Produit abat-poussière à diluer avec minimalement 50% ou idéalement 100% d'eau.

#### 4.2.1 Justification plus explicite des critères d'analyse

Les critères utilisés visant chacun des effets délétères sur le milieu aquatique n'ont été que partiellement décrits dans la section méthodologique initiale. Le tableau ci-dessous reprend cet exercice de façon plus explicite et quantitative. L'échelle des cotes va de 1 à 5 (respectivement de la pire à la meilleure substance), les unes comparées aux autres sélectionnées. À ce titre, une cote élevée ne suppose pas qu'il n'y a aucun effet, mais qu'ils sont moins sévères que ceux des autres. Enfin, cet exercice ne tient pas compte non plus de la très grande dilution du fleuve (voir la discussion à ce sujet à la section 2.5).

Tableau 9 : Critères environnementaux considérés pour évaluer les produits de déglacage

Effet	Description	Attribution des cotes entre les produits
<b>Salinisation</b>	Accumulation des sels dans l'eau, généralement le chlorure de sodium (NaCl). Elle a pour principales conséquences une augmentation de la pression osmotique chez les organismes aquatiques (faune et flore).	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 pour le sel gemme (100% NaCl)</li> <li>2 pour le produit contenant de 61 à 99% NaCl</li> <li>3 pour le produit contenant de 31 à 60% NaCl</li> <li>4 pour le produit contenant de 1 à 30% NaCl</li> <li>5 pour le produit sans sel (0% NaCl)</li> </ul>
<b>Consommation d'oxygène</b>	Décomposition des matières organiques ou oxydables qui nécessitent une certaine quantité d'oxygène. Le processus va appauvrir le milieu aquatique en oxygène	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 pour le produit susceptible d'avoir la plus forte DBO5<sup>1</sup></li> <li>2 pour le produit susceptible d'avoir une DBO5 qui se classe entre la position intermédiaire et la plus forte</li> <li>3 pour le produit susceptible d'avoir une DBO5 qui se classe en position intermédiaire</li> <li>4 pour le produit susceptible d'avoir une DBO5 qui se classe entre la position la plus faible et intermédiaire</li> <li>5 pour le produit susceptible d'avoir la plus faible DBO5</li> </ul>
<b>Toxicité</b>	Capacité de la substance à provoquer des effets néfastes pour la santé ou la survie chez toute forme de vie	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 pour le produit avec la DL50<sup>2</sup> orale chez le rat la plus élevée</li> <li>2 pour le produit avec une DL50 orale chez le rat qui se classe entre la position intermédiaire et la plus forte</li> <li>3 pour le produit avec une DL50 orale chez le rat qui se classe en position intermédiaire</li> <li>4 pour le produit avec une DL50 orale chez le rat qui se classe entre la position la plus faible et intermédiaire</li> <li>5 pour le produit avec la DL50 orale chez le rat la plus faible</li> </ul>



Effet	Description	Attribution des cotes entre les produits
<b>Bioaccumulation, persistance et biodégradation</b>	Capacité de certains organismes à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme la substance/produit; résistance du produit face aux dégradations biologiques naturelles	1 pour le produit avec la demi-vie la plus longue 2 pour le produit avec la demi-vie qui se classe entre la position intermédiaire et la plus longue 3 pour le produit avec la demi-vie qui se classe en position intermédiaire 4 pour le produit avec la demi-vie qui se classe entre la plus courte et la position intermédiaire 5 pour le produit avec la demi-vie la plus courte
<b>Eutrophisation</b>	Enrichissement des eaux par les substances nutritives. L'accroissement des populations de macrophytes et de phytoplanctons peut modifier complètement la composition de la faune aquatique présente. L'hypoxie ou l'anoxie est également un corollaire de cet effet.	1 pour le produit contenant la plus grande quantité de nutriment (N, P, K) <sup>3</sup> 2 pour le produit contenant une quantité de nutriment (N, P, K) qui se classe entre la position intermédiaire et la plus grande 3 pour le produit contenant une quantité de nutriment (N, P, K) qui se classe en position intermédiaire 4 pour le produit contenant une quantité de nutriment (N, P, K) qui se classe entre la position la plus faible et intermédiaire 5 pour le produit contenant la plus faible quantité de nutriment (N, P, K)

<sup>1</sup> Demande biochimique en oxygène mesurée après 5 jours

<sup>2</sup> Dose létale médiane

<sup>3</sup> Symbole chimique de l'azote, du phosphore et du potassium, respectivement

#### 4.2.2 Réévaluation des nouveaux produits

Le tableau qui suit montre les résultats de l'évaluation des produits de déglçage d'après la matrice multicritère décrite dans le rapport de 2018. Le meilleur choix possible pour l'environnement est le produit qui récolte le total le plus élevé. Notons que ce choix ne tient pas compte de la quantité appliquée; une telle analyse est réalisée dans un deuxième temps et présentée à la section suivante.

À nouveau, le total du pointage favorise le sel gemme. Le produit désavantagé combine le fait d'être celui le plus sucré, ce qui pourrait occasionner une plus grande demande biologique en oxygène, et le fait d'être celui le plus riche en nutriment, ce qui pourrait favoriser l'eutrophisation.

Tableau 10 Résultats de l'évaluation des produits de déglaceage

Nom du produit	Critères					Total
	Salinisation	Consommation d'oxygène	Toxicité	Bioaccumulation, persistance et biodégradation	Eutrophisation	
<i>Pondération</i>	2	3	5	3	4	
Sel gemme	1	5	4	5	5	72
Produit A	2	2	3*	4	3	49
Produit B	3	2	5	3	2	54
Produit abat-poussière	4	2	5	4	4	67

\* en l'absence d'information, une cote neutre a été donnée

Échelle	
Pondération	Critère
5	Forte pondération – Importance majeure du critère par rapport aux autres critères
4	Pondération moyenne à forte – Importance notable du critère par rapport aux autres
3	Pondération moyenne – Importance équivalente du critère par rapport aux autres
2	Pondération faible à moyenne – Importance moindre du critère par rapport aux autres
1	Pondération faible – Importance mineure du critère par rapport aux autres critères

Résultat	
Total	Description
85	Meilleur choix
68	↑ ↓
51	
34	
17	Choix le moins privilégié

Cote	Critère
5	C'est le meilleur produit. Ceci n'implique pas qu'il n'y a aucun effet, mais qu'ils sont moins sévères que ceux des autres produits.
4	Les effets de ce produit sont légèrement plus sévs que ceux du meilleur produit
3	Entre 2 et 4
2	Les effets sont considérablement plus sévères que ceux du meilleur produit
1	Les effets négatifs sont majeurs par rapport à ceux du meilleur produit

### 4.2.3 Effet des quantités utilisées

Le dernier critère de comparaison est celui de la quantité épanchée pour l'entretien hivernal de la piste. À l'évidence, moins grande est la quantité à épancher pour le déglacage, moins important sera l'impact de l'ensemble des effets sur le milieu aquatique.

Le calcul a été élaboré en fonction de la quantité suggérée par le fabricant ou celle envisagée actuellement. Lorsqu'une plage de valeur était proposée, la valeur médiane a été utilisée. Dans le cas des produits liquides, le taux d'application pour le déglacage tient compte d'une dilution de 1:1 avec l'eau. Le facteur de correction a été calculé selon l'équation suivante :

$$K = T_{max} / T_{appl}$$

$T_{max}$  = Taux maximal d'application des produits sélectionnés

$T_{appl}$  = Taux d'application du produit évalué

Le tableau qui suit montre le total contrebalancé en fonction du taux d'application.

Tableau 11 Résultats ajustés en fonction du taux d'application

Nom du produit	Taux d'application (source)	Taux d'application (kg/km)	Facteur de correction**	Total***
Sel gemme	Littérature	85	1,000	72
Produit A	Arup	60	1,417	69
Produit B	Arup*	53	1,615	87
Produit abat-poussière	Arup*	53	1,619	108

\* en tenant compte d'une dilution de 1:1 avec de l'eau

\*\* qui tient compte du taux d'application minimum et maximum

\*\*\*résultat du facteur de correction appliqué au total de la matrice multicritère

Cet exercice montre que le résultat contrebalancé en fonction des quantités d'épandage favorise des produits qui ne l'étaient pas auparavant avec la matrice multicritère.

### 4.2.4 Effet de l'utilisation du balai rotatif

L'évolution du projet fait entrevoir que l'utilisation du balai rotatif permettrait de diminuer la quantité épanchée de déglacant. Dans la présente analyse environnementale qui se penche sur une comparaison des produits entre eux, ce facteur ne changerait pas les résultats de classement montrés précédemment. La conséquence générale serait plutôt que les analyses globales et subséquentes n'attribueront qu'un poids encore moins élevé à la composante de l'environnement.

#### 4.2.5 Recommandations en fonction du milieu récepteur

Depuis quelques années, les divers paliers gouvernementaux misent sur une saine gestion des sels de voirie par l'élaboration de codes et de guides de bonnes pratiques, et de plans de gestion environnementale. Récemment, on observe une tendance visant à déterminer les zones sensibles à l'épandage des sels de voiries. Ces zones correspondent à des plans d'eau dont les lacs et les étangs font partie. Leur valeur écologique est forte et leur temps de renouvellement est long. En raison de son fort volume d'écoulement, le fleuve St-Laurent ne s'inscrit pas dans cette définition. Ainsi, il est suggéré que les analyses globales et subséquentes pour la sélection de produits de déglacage n'attribuent qu'un faible poids à la composante de l'environnement en regard de la très grande dilution occasionnée par le milieu récepteur, à savoir le fleuve St-Laurent.

## 5 Améliorations proposées pour une ouverture hivernale

Afin d'améliorer la sécurité sur la piste ainsi que le niveau de communication avec les usagers dans un contexte hivernal, plusieurs modifications ou ajouts sont proposés ci-après.

### 5.1 Installation de lisses coup-de-pied

Afin de réduire les enjeux liés à la chute de neige et de glace en bas du pont, il est prévu d'installer des lisses dites « coup de pied » dans la partie inférieure des garde-corps. L'installation sur certaines zones a été réalisée en 2018. Or, de nouvelles zones ont été identifiées comme présentant un enjeu, notamment au-dessus de zones habitées ou passantes.

L'installation de clôtures à neige, au-dessus des routes et milieux résidentiels sous-jacents au pont, demeure une solution supplémentaire potentielle pour réduire les risques de projections hors du pont.

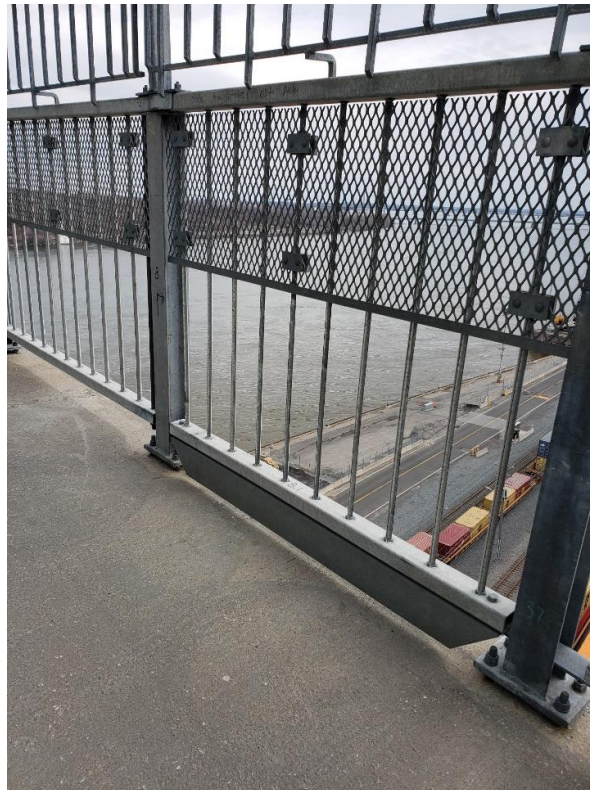


Figure 37 : Lisse coup-de-pied dans la partie inférieure des garde-corps

## 5.2 Présence de chicanes sur la piste

### 5.2.1 Caractère atypique de la piste multifonctionnelle

La piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier est un lien cyclable à géométrie atypique et exposé à des conditions météorologiques particulières.

La piste comporte plusieurs pentes :

- 4,2% sur 768 m (section 1 et 2 du pont)
- 3,7% sur 673 m (section 4 du pont)
- 4,24% sur 260 m (section 6 du pont)
- 4,12% sur 655 m (section 8 et 9 du pont)

En outre, la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier est de largeur variable allant de 2,5 à 2,16 mètres au niveau des structures de super-signalisation. À titre de comparatif, et en considérant les pentes du pont Jacques-Cartier, le guide de conception des pistes cyclables du MTQ suggère une largeur totale de 3,6 mètres pour les pistes cyclables bidirectionnelles et 4,6 mètres pour les pistes multifonctionnelles bidirectionnelles<sup>8</sup>.

Considérant la largeur réduite de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier et la vitesse potentielle des cyclistes pouvant atteindre jusqu'à 45km/h pour des pentes de 3% sur 150 m de long ou plus, selon ce guide<sup>9</sup>, des dispositifs de modulation de vitesses « chicanes » ont été installés. L'emplacement et la géométrie de ces dispositifs sont présentés à la Figure 38 ci-dessous.

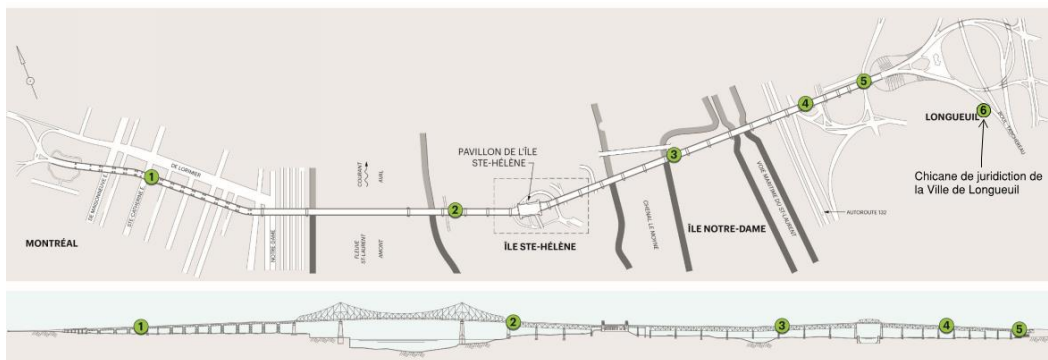


Figure 38 Emplacement des chicanes du pont Jacques-Cartier (fourni par PJCCI)

<sup>8</sup> MTQ – Tome 1 – Conception routière – Chapitre 15, Tableau 15.4-2 et 15.4-5 – 15 juin 2016

<sup>9</sup> MTQ – Tome 1 – Conception routière – Chapitre 15, Tableau 15.4-3 – 15 juin 2016

## 5.2.2 Contexte hivernal

Tout en considérant le caractère atypique de la piste multifonctionnelle, une analyse globale de la présence des chicanes et leurs impacts sur les opérations de déneigement et le comportement des cyclistes dans un contexte de viabilité hivernale a été réalisé. Les observations et conclusions décrites ci-dessous en sont ressorties.

Du point de vue opérationnel, pour permettre le passage de la machinerie, les chicanes doivent être ouvertes et fermées au début et à la fin de chaque opération d'entretien. La présence des chicanes a donc pour conséquence de ralentir légèrement les opérations d'entretien.

De plus, les chicanes peuvent limiter la largeur utile de la piste multifonctionnelle localement puisque la neige s'accumule le long de la glissière qui sépare la piste de la route dans le corridor cyclable permettant de les franchir. Dès lors, moins d'un mètre peut donc être disponible pour les traverser ce qui a pour conséquence de nuire à la convivialité de la piste et d'accentuer les risques d'accrochages. Pour remédier à ces problématiques, un déblaiement manuel doit donc être effectué dans leur proximité lorsque la situation le nécessite.

En outre, puisque les chicanes représentent un obstacle aux passages de cyclistes, il est important de considérer les particularités inhérentes au cyclisme hivernal tel que la baisse de visibilité et d'adhérence. Par conséquent, des pistes d'améliorations et des mesures complémentaires sont nécessaires afin de renforcer le message vis-à-vis des usagers de la piste en matière de vitesse limite et des comportements à adopter en présence des chicanes. Ces mesures de sensibilisation, notamment l'ajout de signalisations, tel que des panneaux de vitesses, des panneaux avertissant les usagers de la présence des chicanes, des panneaux indiquant la priorité de passage et des radars pédagogiques en amont des chicanes, sont présentées dans les sections qui suivent.

Finalement, il est suggéré d'effectuer un suivi durant les hivers subséquents où la piste sera ouverte au grand public pour s'assurer que les chicanes remplissent adéquatement leur objectif.

## 5.3 Signalisation

À la suite d'une analyse de la signalisation existante sur la piste et au vu des enjeux de sécurité sur la piste multifonctionnelle en particulier, il a été noté que des modifications et ajouts sont requis. À ce titre, les propositions suivantes ont été mises de l'avant :

1. Afin d'inciter les cyclistes à respecter la limite de 20 km/h, l'ajout d'un panneau de signalisation de vitesse en descente est suggéré;



Figure 39 : Ajout de panneau de signalisation 20 km/h

2. Pour avertir de la présence de chicane pour les cyclistes en descente, l'ajout d'avertissements avancés est souhaitable; et



Figure 40 : Ajout d'avertissements avancés aux chicanes

3. Enfin, une révision de la signalisation au niveau de l'intersection au pavillon de l'île Sainte-Hélène est recommandée vis-à-vis des exigences de la norme et du code de la sécurité routière.





Figure 41 : Clarification requise à l'intersection

Au niveau du trottoir, la signalisation actuelle semble adéquate. Les enjeux de vitesse des cyclistes ne s'y appliquent pas.

L'analyse de la signalisation existante et les propositions détaillées sont disponibles à l'Annexe B.

## 5.4 Radars pédagogiques

Au-delà des modifications à la signalisation sur la piste, des mesures pédagogiques sont aussi proposées pour améliorer la sécurité des usagers.

Leur installation est suggérée là où la pente est la plus forte dans le sens de la descente, et suffisamment éloignée des chicanes si présentes. Il importe que ces radars soient installés dans le champ de vision des cyclistes, qu'ils soient de préférence de taille réduite afin qu'on ne les confonde pas avec des radars pour véhicules et qu'ils affichent une vitesse maximale prédéterminée afin d'éviter l'effet d'entraînement (« challenge ») des usagers.



Figure 42: Différents modèles de radars pédagogiques

## 5.5 Panneaux à message variable

Afin d'améliorer la communication avec les usagers, des panneaux à message variable peuvent être installés. Ceux-ci permettent d'informer, en temps réel, de l'état de la piste, des conditions de surface ou des conditions météorologiques, et d'afficher des conseils de sécurité. L'aspect dynamique peut potentiellement attirer beaucoup plus d'attention. Idéalement ces panneaux doivent être situés à des endroits clés afin d'informer les usagers en avance sur leur trajet, notamment si la piste est fermée.



Figure 43 : Différents modèles de panneaux à message variable Ref : Google Maps / Arup

## 5.6 Portes automatisées

Afin de sécuriser la piste au besoin sans mandater le dépêchement des équipes d'opération entretien sur place, il est possible d'installer des portes automatisées commandées à distance aux entrées de la piste multifonctionnelle ou du trottoir.

Les enjeux de durabilité pour ce type de mécanisme doivent cependant être considérés. En effet, le déneigement répété de la piste et des voies de circulation réduira de façon notable la durée de vie des équipements. Une protection contre le vandalisme sera aussi requise.

Enfin, pour des raisons logistiques, une couverture par caméra de la barrière automatisée doit être envisagée afin de s'assurer qu'aucune entrave ne bloque la fermeture, qu'aucun usager n'est présent sur le pont au moment de la fermeture, etc.

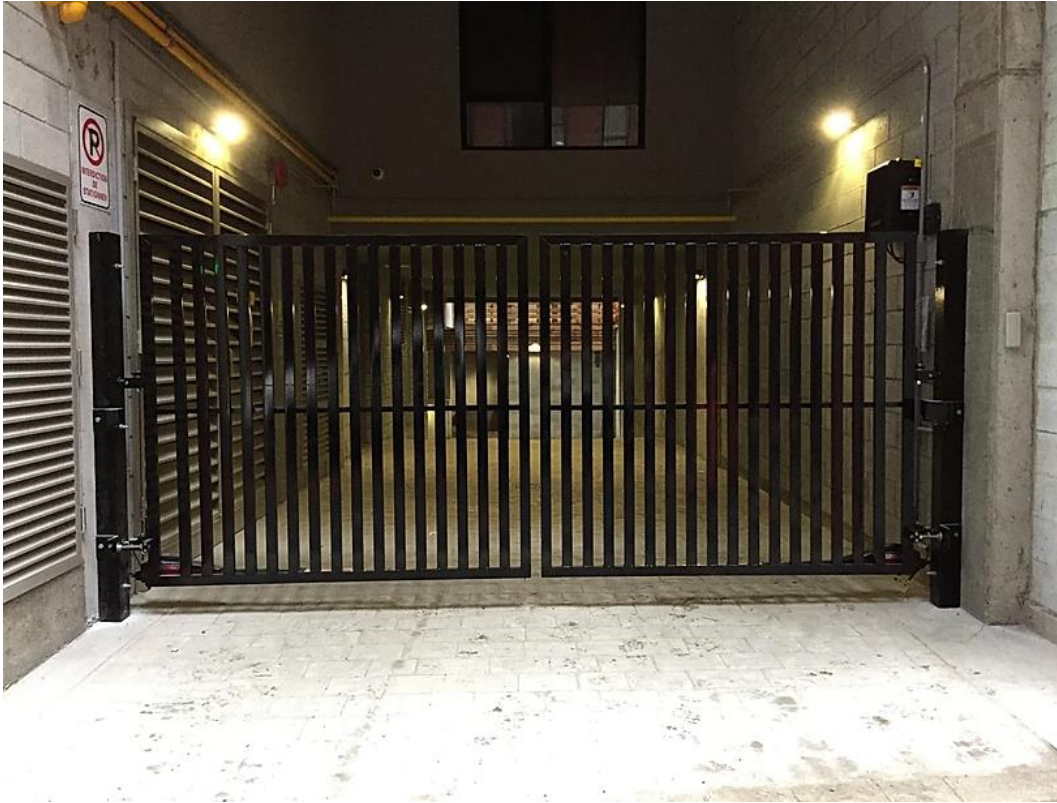


Figure 44 : Exemple de barrière automatisée [MastergatePlus]

## 5.7 Intégration des systèmes

L'ensemble des systèmes électroniques installés sur le pont ou suggérés ici peuvent être intégrés à une plateforme unique afin de maximiser leur potentiel. Celui-ci propose un détail des principaux atouts associés à l'intégration des systèmes pour la gestion des aspects suivants :

- les systèmes et leur fonctionnement;
- les personnes responsables;
- les interfaces entre les différents systèmes (par ex., l'affichage des messages une fois la fermeture de la porte automatique);
- l'enregistrement, l'utilisation et l'analyse de données; et,
- le besoin en infrastructures informatiques et électriques.

Les systèmes actuels pouvant être intégrés sont les deux stations météorologiques, le compteur de cyclistes installé du côté Montréal et le système de communication externe (site internet, courriels, etc.) destinés à informer les usagers de l'état de la piste. Des accès à ces systèmes seront requis pour fins d'intégration et de centralisation des données.

Les nouveaux systèmes qui pourraient y être intégrés sont les panneaux à message variable, les portes automatiques, les radars pédagogiques, les caméras sur le pont, etc.

## 6 Estimations des coûts

---

### 6.1 Généralité

La présente section porte sur l'analyse des coûts associés aux opérations de déneigement de la piste multifonctionnelle et du trottoir à l'aide d'équipements mécaniques et de produits de déglçage.

Les coûts d'investissement initiaux (CAPEX) et les coûts d'opération (OPEX) ont été estimés pour le scénario d'exploitation où un contrat compétitif de déneigement de plusieurs années serait attribué à un entrepreneur.

Étant donné la nature et la portée du présent mandat, une estimation de classe II (-10%, +30%) a été effectuée. De plus, [REDACTED] a été ajoutée au total des estimations pour le CAPEX et l'OPEX.

Il est à noter que les coûts présentés sont non exhaustifs et ne sont présentés qu'à des fins d'éclairer la prise de décision dans le cadre du projet de simulation hivernale.

### 6.2 Coûts d'investissements initiaux - CAPEX

#### 6.2.1 Mise à niveau de la piste multifonctionnelle

Suivant les observations et les analyses présentées dans ce rapport, il est reconnu que certaines modifications peuvent être apportées à la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier pour en améliorer sa sécurité. De telles modifications permettraient d'ouvrir la piste lors des saisons hivernales, d'augmenter sa sécurité et d'améliorer la communication avec les usagers. Les travaux présentés ci-dessous seront effectués dans le cadre de contrats séparés.

Les coûts CAPEX associés à la mise à niveau de la piste multifonctionnelle prévoient les éléments suivants :

- Ajout d'une lisse galvanisée au pied de la barrière dissuasive afin de prévenir la projection de glace depuis la piste multifonctionnelle sur les passages routiers, piétons et cyclistes sous le pont;
- Ajout et retrait de signalisation visant à sensibiliser les utilisateurs sur les mesures de sécurité et à identifier les zones à risque;
- Ajout de portes automatiques aux entrées du pont;
- Ajout de panneaux à messages variables aux différents accès du pont; et,
- Ajout de radars pédagogiques visant à sensibiliser les usagers qui dépassent la vitesse maximale permise;

Le tableau suivant présente les coûts d'investissement initiaux en vue d'une ouverture de la piste multifonctionnelle en hiver.

Tableau 12 : Coûts d'investissement initiaux- CAPEX

Description des travaux - Piste Multifonctionnelle du pont Jacques Cartier	Estimation en \$ 2020
<b>CAPEX - Piste multifonctionnelle Travaux de réhabilitation pour la piste multifonctionnelle</b>	
Ajout d'une lisse galvanisé acier 150 mm x 3-4 mm d'épaisseur pour empêcher la glace de tomber sur les voies en dessous du pont	
Installation et démantèlement de panneaux fixes de signalisations qui énumèrent les risques partagés entre les usagers et PJCCI	
Portes automatiques	
Panneaux à messages variables	
Radars pédagogiques	
Mobilisation et démobilitation générales, organisation et contrôle de la circulation	
<b>Travaux de mise à niveau pour la piste - Total</b>	
<b>CAPEX - Mise à niveau de la piste - Total</b>	
<b>CAPEX – Mise à niveau de la piste - Total (-10 %)</b>	
<b>CAPEX – Mise à niveau de la piste - Total (+30 %)</b>	

Ces coûts sont basés sur les hypothèses suivantes :

- Les travaux sont réalisés durant des périodes favorables aux travaux de construction (automne, printemps et été);
- Il est considéré que les travaux sont réalisés à temps régulier durant la semaine (sans heures supplémentaires);
- Les coûts de main-d'œuvre sont basés sur la convention collective la plus récente; et,
- Le montant présenté pour les panneaux à messages variables comprend trois panneaux à configuration horizontale et deux panneaux à configuration verticale.

Il est important de noter que l'estimation des coûts d'investissements initiaux pour la mise à niveau de la piste multifonctionnelle exclut les coûts des travaux pertinents qui nécessitent une analyse approfondie et donc jugés hors de la portée du présent mandat. Ces travaux comprennent :

- Évaluation de l'intégrité structurale et travaux de renforcement de la structure du pont ou des éléments secondaires (barrières dissuasives, glissières, lampadaires, etc.) et autres travaux auxiliaires nécessaires pour supporter le poids additionnel de la signalisation, des portes automatiques et de ses composantes;
- Cette estimation ne tient pas compte de l'installation d'une membrane d'étanchéité. Dans le cas où l'option d'un ajout est retenue, un montant approximatif entre [REDACTED] serait ajouté aux coûts directs (avant contingences);
- Protection de la conduite électrique existante de type C-section le long de la glissière; et,
- Les coûts associés pour repeindre le marquage sur la piste multifonctionnelle qui pourrait se détériorer avec le temps et avec l'utilisation des équipements de déneigement.

### 6.2.2 Déneigement mécanique

À l'instar des options préconisées et adoptées pour les voies de circulation du pont Jacques-Cartier et les simulations hivernales de 2019-2020, il est envisagé que le déneigement de la piste sera effectué par un entrepreneur spécialisé dont les services seront octroyés par le biais d'un contrat de déneigement.

Toutefois, si PJCCI envisage l'exécution des opérations de déneigement à l'interne, à savoir par ses propres équipes d'opération et d'entretien, le tableau ci-dessous présente les coûts d'achat des nouveaux équipements requis pour accomplir cette tâche. Si PJCCI souhaite octroyer un mandat échelonné sur plusieurs années au moyen d'un processus d'appel d'offres compétitif et bien encadré, les coûts présentés seront toujours applicables dans l'estimation de l'entrepreneur qui souhaite soumissionner à un tel processus d'appel d'offres.

Tableau 13 : CAPEX additionnel - Achat d'équipements de déneigement

Équipement de déneigement - achat	Quantité	Prix d'achat en \$ 2020
<b>CAPEX - Piste multifonctionnelle Achat d'équipements de déneigement</b>		
Tracteur		
Lame à neige 54 po		
Accessoire pour lame de 54 po		
Balai rotatif - Largeur de 60 po		
Accessoire 62 po		
Épandeur tractable pour produits de déglçage solide ou liquide		
Souffleuse à neige 48 po		
<b>Total</b>		
<b>CAPEX – Achat d'équipement - Total</b>		
<b>CAPEX – Achat d'équipement - Total (-10 %)</b>		
<b>CAPEX – Achat d'équipement - Total (+30 %)</b>		



## 6.3 Coûts d'opération et d'entretien – OPEX

### 6.3.1 Piste multifonctionnelle

Cette estimation explore l'option voulant que PJCCI lance un appel d'offres pour l'obtention d'une offre de service compétitive d'un entrepreneur mandaté pour le déneigement de la piste multifonctionnelle pour plusieurs années. L'achat des équipements de déneigement et de tous les accessoires nécessaires sont inclus dans les coûts d'opération présentés ci-dessous et ont été amortis sur une période de 7 ans. De plus, [REDACTED] a été ajoutée au total. Ceci est reflété dans le tableau suivant.

Suivant l'historique des trois hivers précédents présentés à la section 2.4, environ 30 opérations de déneigement, en moyenne, sont nécessaires pour assurer l'entretien de la piste multifonctionnelle. Lors des simulations hivernales, 70% des sorties se sont soldées par l'utilisation de produits de déglçage. Dès lors, on peut déduire qu'un hiver moyen peut supposer 21 opérations d'épandage de produits de déglçage. Considérant son potentiel corrosif et ses effets néfastes sur l'environnement, le sel gemme n'est pas recommandé comme produits de déglçage principal pour la piste. Dans une telle optique, le produit A de déglçage a été considéré comme produit préférentiel dans le cadre de l'analyse des coûts. Selon le fournisseur et tel qu'il a été abordé à la section 2.2, un taux d'épandage de 390 kg/3 km suffirait pour assurer une bonne fonte de neige et de glace.

En outre, lorsque le soufflage est requis depuis la piste, des effectifs supplémentaires sont nécessaires afin de fermer la voie routière adjacente. Lors des simulations hivernales, 33% des sorties se sont soldées par le soufflage de la neige. Dès lors, on peut déduire qu'un hiver moyen devrait nécessiter, en moyenne, 10 opérations de soufflage.

Tableau 14 OPEX : Coûts d'opération associés à l'entretien de la piste multifonctionnelle par l'entremise d'un contrat compétitif de plusieurs années

<b>Piste multifonctionnelle (contrat compétitif de plusieurs années)</b>		
<b>Déneigement</b>		
Achat de l'équipement (coût amorti sur une période de 7 ans)		
Entretien des équipements		
Déneigement (deux opérateurs)		
Soufflage (un opérateur)		
Supervision des travaux Cols blancs (PJCCI)		
<b>Administratif</b>		
Planification et coordination de l'horaire des effectifs Entrepreneur		
Planification des travaux de déneigement Cols blancs (PJCCI)		
Évaluation journalière des conditions de la piste Cols blancs (PJCCI)		
<b>Produits de déglçage</b>		
Produit A de déglçage		
<b>Sous-total</b>		
<b>OPEX - Piste multifonctionnelle - Total</b>		
<b>OPEX - Piste multifonctionnelle - Total (-10%)</b>		
<b>OPEX - Piste multifonctionnelle - Total (+30%)</b>		

### 6.3.2 Trottoir

Lors des simulations hivernales de l'hiver 2019-2020, le déneigement du trottoir a été effectué par l'équipe d'opération et entretien de PJCCI. Pour procéder aux opérations de déneigement sur le trottoir, PJCCI a loué les équipements nécessaires auprès d'un fournisseur. Les hypothèses avancées à la section précédente quant aux nombres d'opérations de déneigement, d'épandage et de soufflage ont servi à établir l'estimation suivante.

Le Tableau 15 ci-dessous présente les coûts d'opération associés à l'entretien du trottoir pour un scénario où PJCCI est chargé du déneigement.

Tableau 15 : OPEX - Coûts d'opération associés à l'entretien du trottoir

<b>Trottoir</b>	
<b>Déneigement</b>	
Location des équipements de déneigement	
Déneigement Cols bleus (PJCCI)	
Soufflage Cols bleus (PJCCI)	
<b>Administratif</b>	
Planification des travaux de déneigement Cols blancs (PJCCI)	
Évaluation journalière des conditions de la piste Cols blancs (PJCCI)	
<b>Produits de déglçage</b>	
Produits A de déglçage	
<b>Sous-total</b>	
<b>OPEX - Trottoir - Total</b>	
<b>OPEX - Trottoir - Total (-10 %)</b>	
<b>OPEX - Trottoir - Total (+30 %)</b>	

## 6.4 Sommaire

Le tableau suivant présente un sommaire des coûts CAPEX et OPEX requis pour la mise à niveau de la piste multifonctionnelle et pour l'entretien du trottoir et de la piste pendant l'hiver.

Tableau 16 : Coûts CAPEX et OPEX requis pour l'entretien hivernal de la piste et du trottoir

CAPEX - Investissement initial	
Mise à niveau de la piste	
<b>Total CAPEX</b>	
<b>Total CAPEX (-10%)</b>	
<b>Total CAPEX (+30%)</b>	
OPEX - Coûts d'opération à chaque hiver	
Coûts d'opération annuels pour la piste cyclable	
Coûts d'opération annuels pour le trottoir	
<b>Total OPEX</b>	
<b>Total OPEX (-10%)</b>	
<b>Total OPEX (+30%)</b>	

### 6.4.1 Hypothèses, inclusions et exclusions

Afin d'établir les estimations de coûts d'opération présentées aux sous-sections précédentes, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- La durée des quarts de travail lors des opérations de déneigement a été estimée à 5 heures;
- Des frais d'entretien de [REDACTED] ont été inclus pour les équipements nécessaires au déneigement de la piste multifonctionnelle;
- Les coûts associés à l'entretien des équipements sont exclus des frais d'opérations du trottoir présenté à la section 0, puisque ces derniers sont inclus dans la location des équipements pour le déneigement; et,
- Les taux de main-d'œuvre sont basés sur la convention collective.

## 6.4.2 Documents de référence

Les documents suivants ont été utilisés à des fins d'estimation :

- Courriel daté du 31 mars 2020 – Emmanuel D., PJCCI - [External] RE: JCAP0015 / 62659: Équipement de déneigement;
- Courriel daté du 19 avril 2018 – [REDACTED] Arup - PJCCI bikepath - Sharefile updated;
- Courriel daté du 10 mars 2020 [REDACTED] MI8 Innovation - RE: Panneau à message variable en ville;
- Courriel daté du 10 mars 2020 – [REDACTED] MasterGate+ - Re: [External] Portes automatiques sur une piste cyclable d'un pont; et,
- Contrat d'installation de la lisse coup-de-pied (2018) – Contrat 62583.

## 7 Analyse des risques

---

Une analyse des risques a été élaborée dans le cadre de ce mandat afin de prioriser l'ensemble des décisions et des actions qui doivent être prises dans l'éventualité d'ouverture de la piste multifonctionnelle. Cette analyse présente une liste non exhaustive des risques, des enjeux et des opportunités associés à l'ouverture de la piste en hiver.

Le contenu de cette liste est spécifique au présent mandat. Elle représente le résultat des connaissances acquises ainsi que les conclusions de différentes analyses et études effectuées dans le cadre du présent projet. Il s'agit, avant tout, d'un outil décisionnel dont le but principal est de mitiger, voire éliminer, les risques associés à l'exploitation de la piste.

### 7.1 Catégories d'événements

Les événements (risques ou enjeux) identifiés dans le cadre de ce mandat sont regroupés en 5 catégories :

- Structure et durabilité;
- Sécurité;
- Enjeux sociopolitiques et offre de service;
- Entretien hivernal; et,
- Environnement.

Il faut toutefois noter que la catégorisation des événements peut parfois être délicate, considérant que les événements peuvent comprendre des causes ou des conséquences dépendantes d'autres catégories.

### 7.2 Plan d'action

Pour chaque événement, des mesures ont été prises afin de réduire, voire d'éliminer les causes ou les conséquences associées au risque. Cette liste comprend, sans s'y limiter, les actions suivantes :

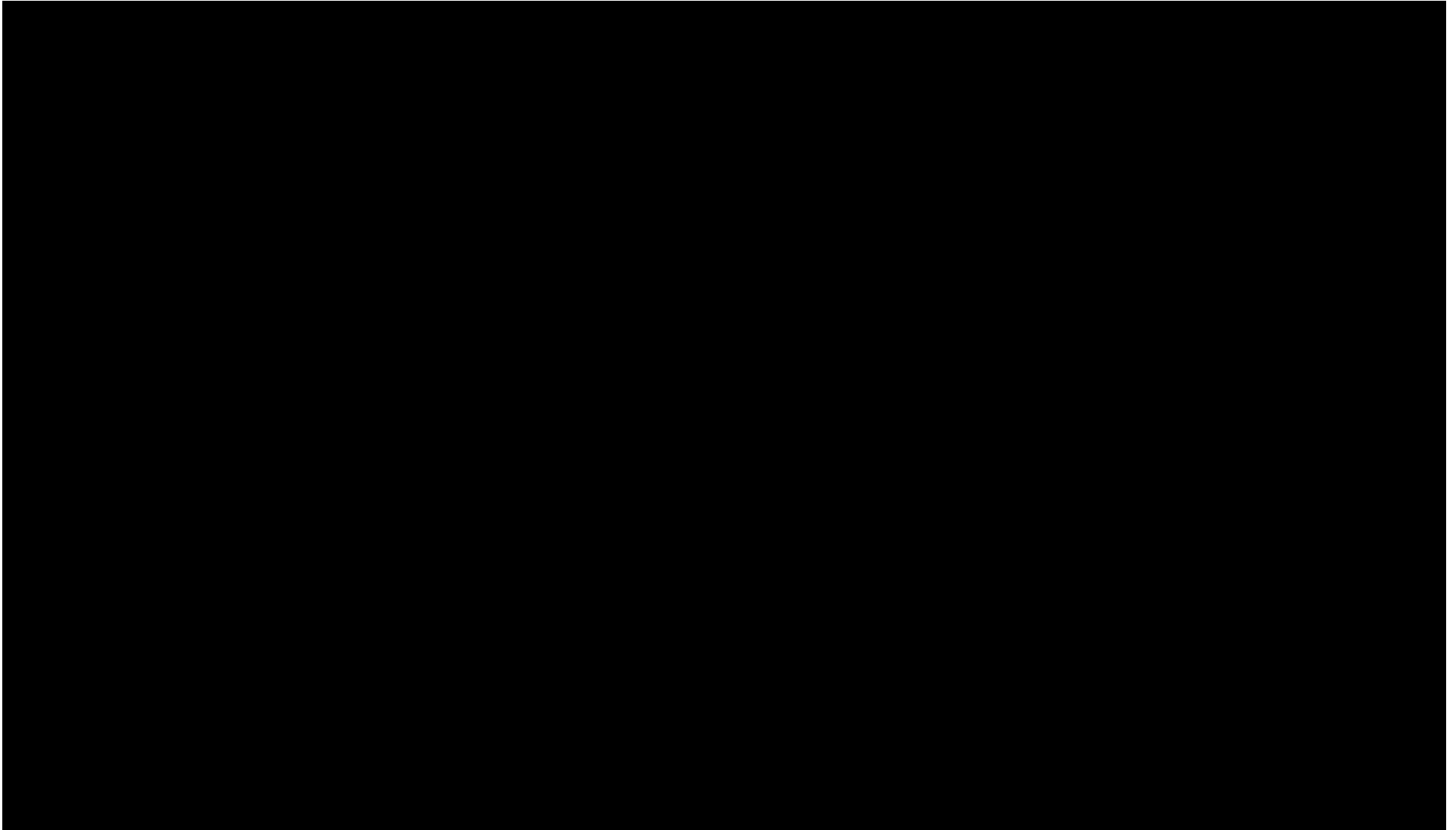
- Mise en place d'un mécanisme clair pour la prise de décision (protocole d'exploitation et schéma décisionnel);
- Mise en place d'un protocole de communication clair qui permet une gestion efficace de la piste et des attentes des cyclistes;
- Proposition de nouvelles signalisations et de radars pédagogiques visant à sensibiliser les usagers à leur vitesse et à la présence de chicane sur le pont;

- Installation de barrières automatiques et de panneaux à messages variables à l'entrée de la piste afin de permettre une fermeture rapide de la piste, au besoin, et d'indiquer l'état d'ouverture de la piste;
- Installation de lisses de protection aux endroits à risque de projections hors de la piste; et,
- Intégration de tous les systèmes de transport intelligent existant et proposés sur le pont.

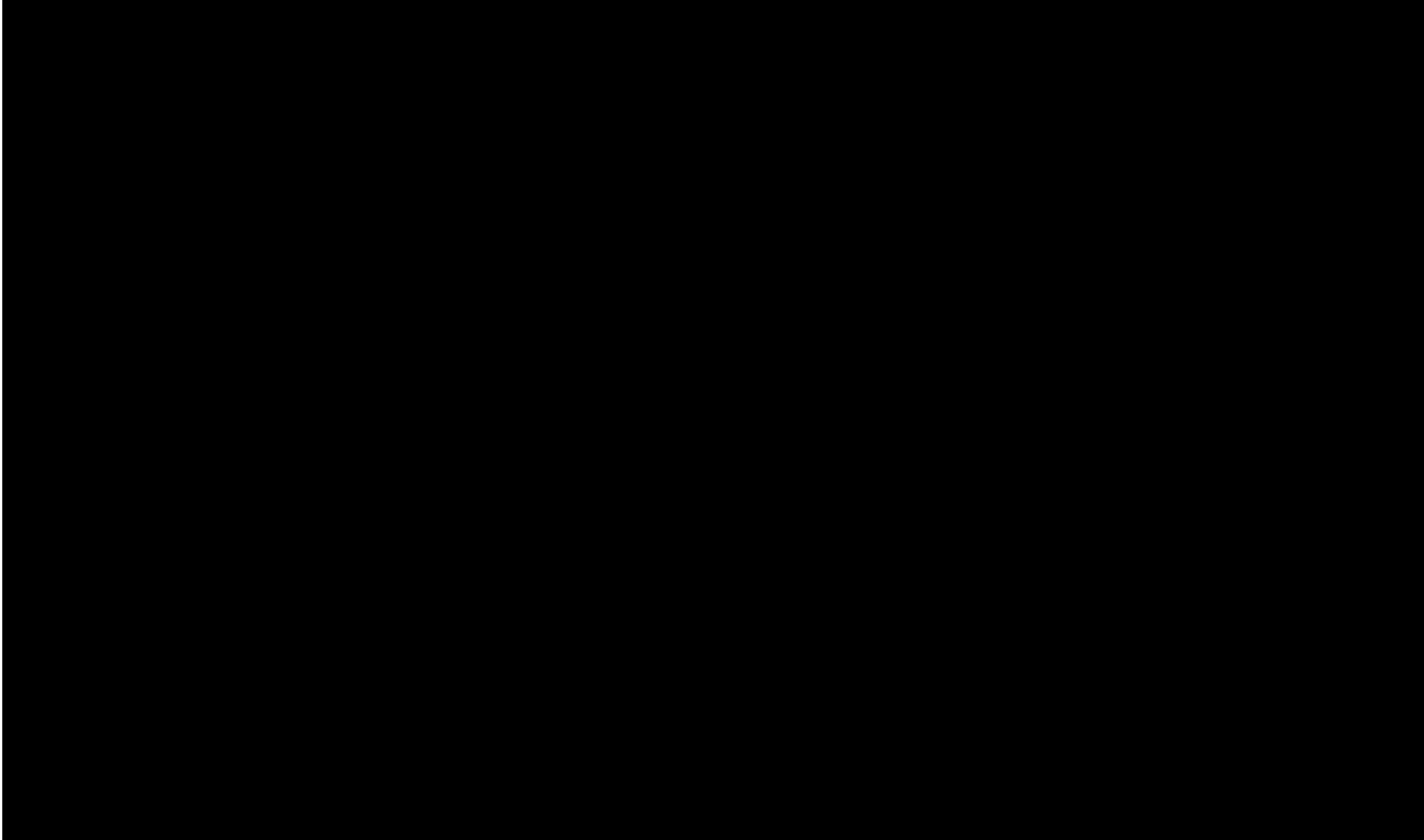
Une liste d'actions supplémentaires est également proposée afin de réduire ces risques davantage, si jugé nécessaire.

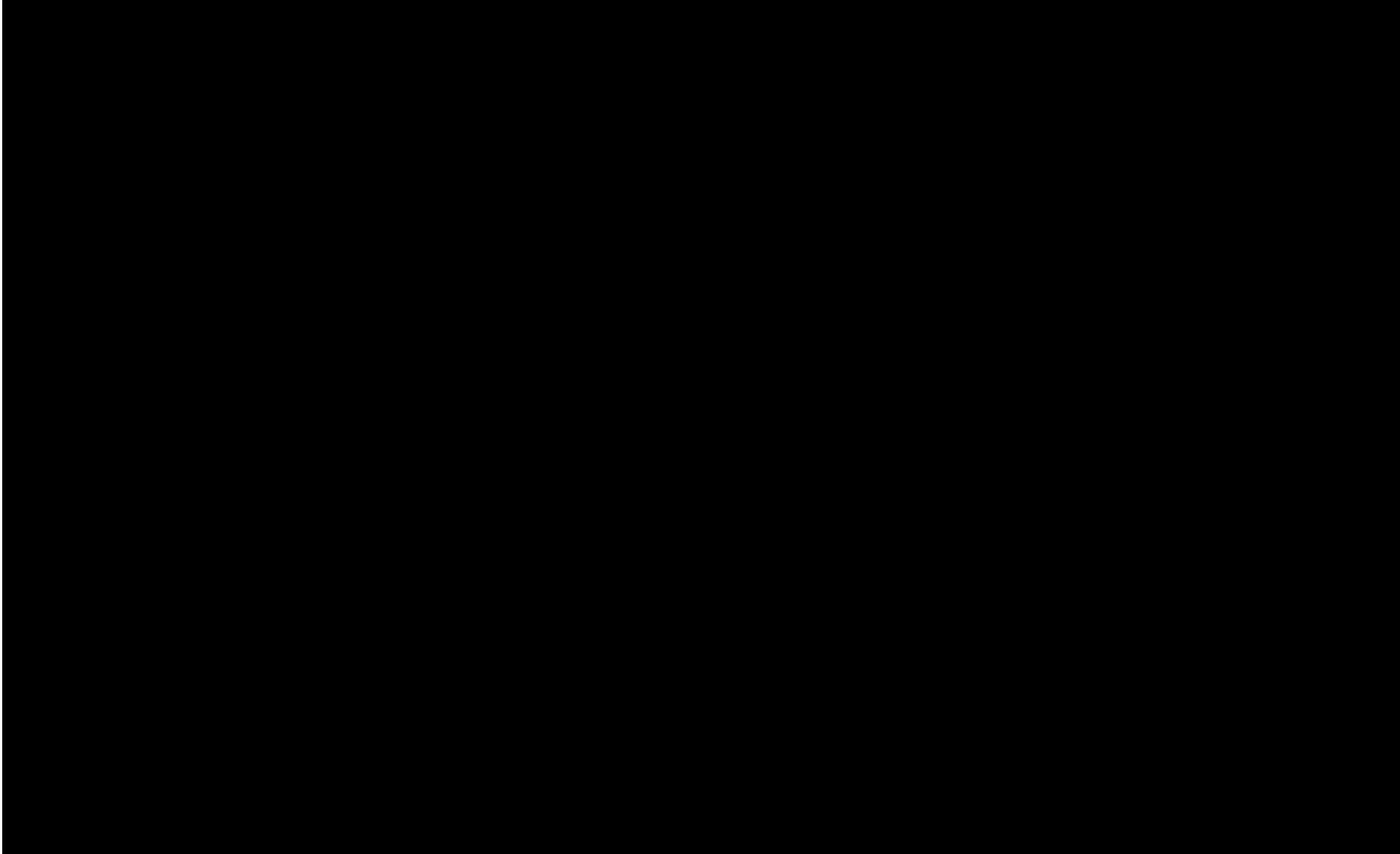
### 7.3 Résultats

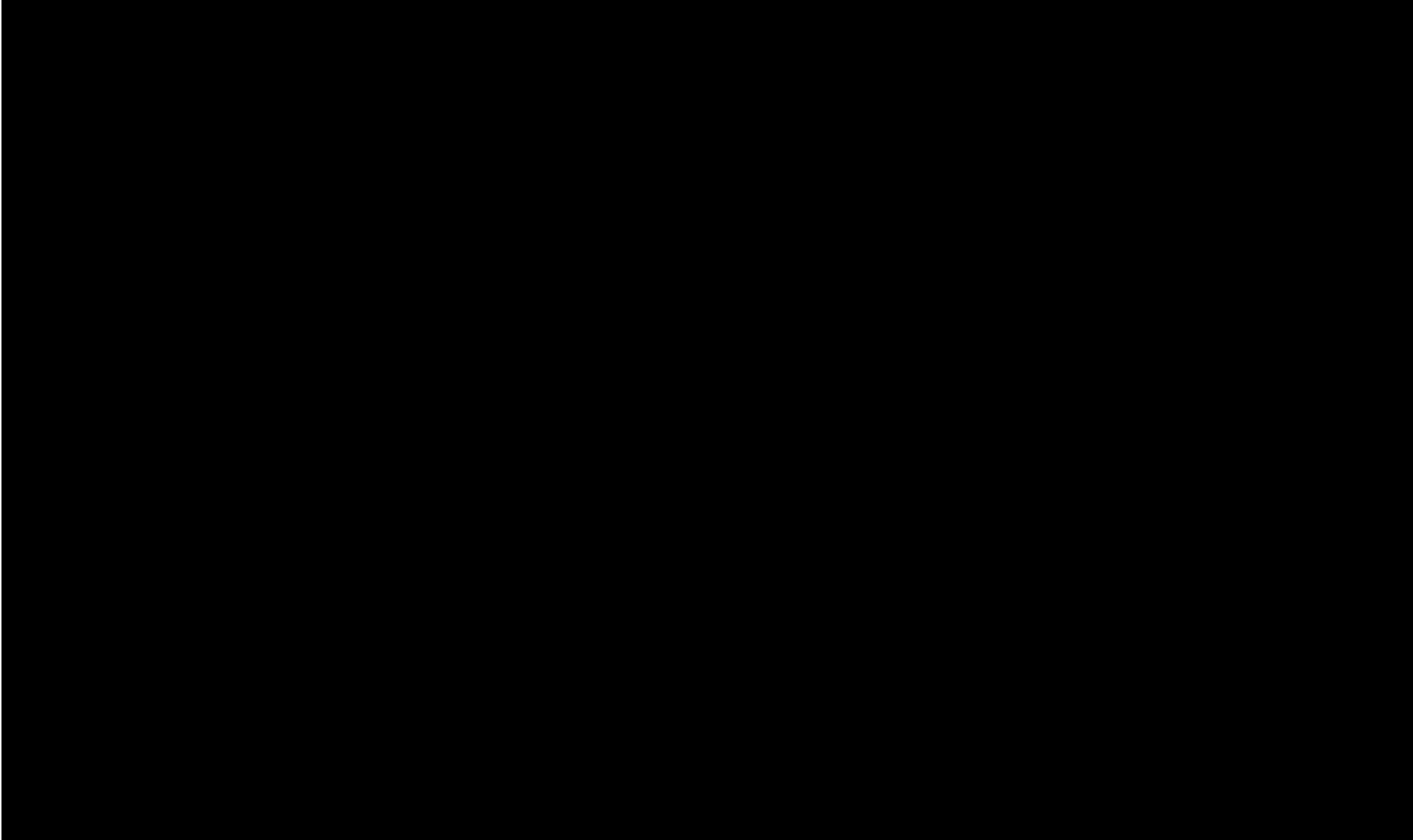
Le tableau suivant présente la liste complète des événements envisagés, leurs conséquences et le plan d'action proposé.

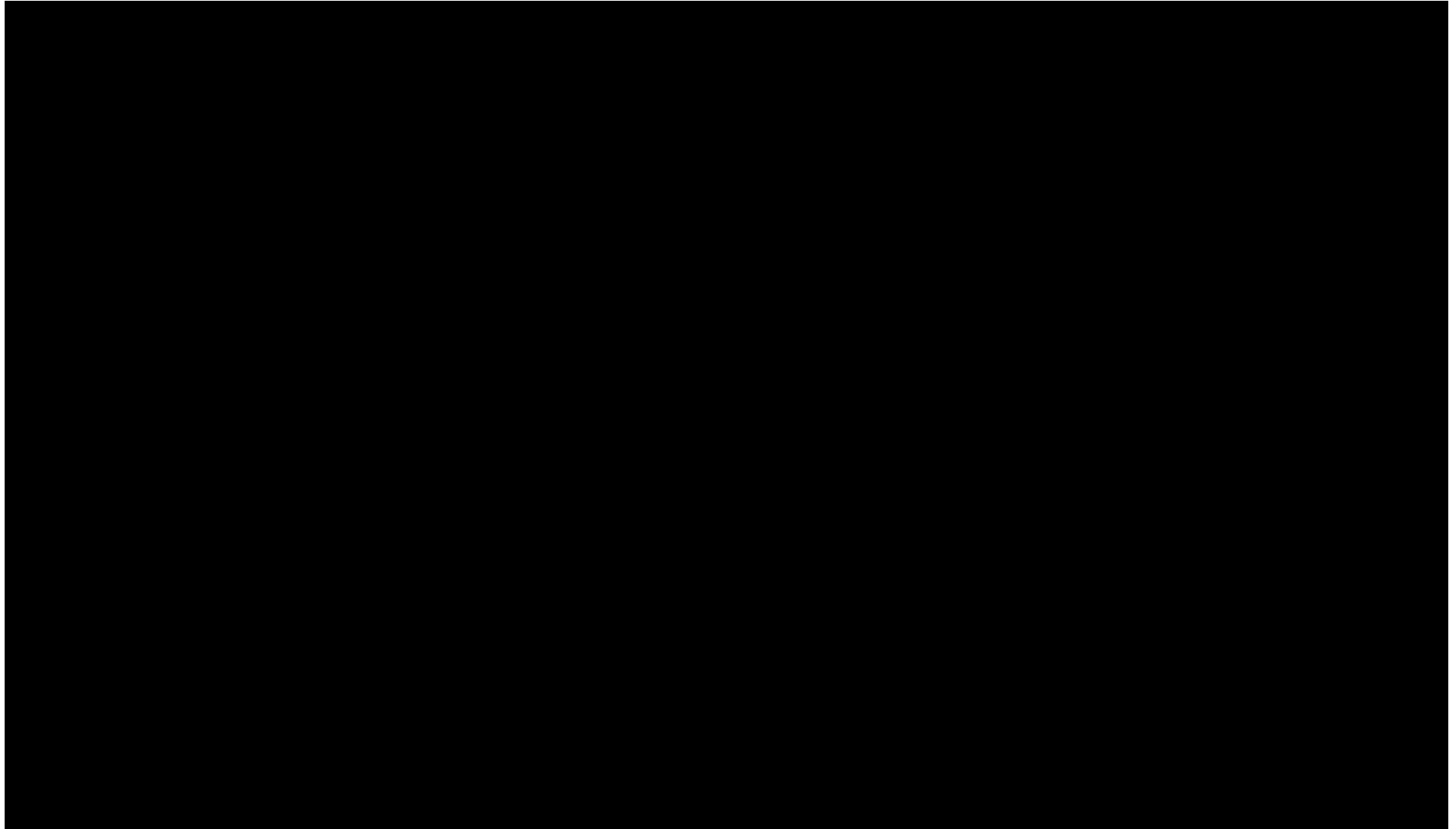


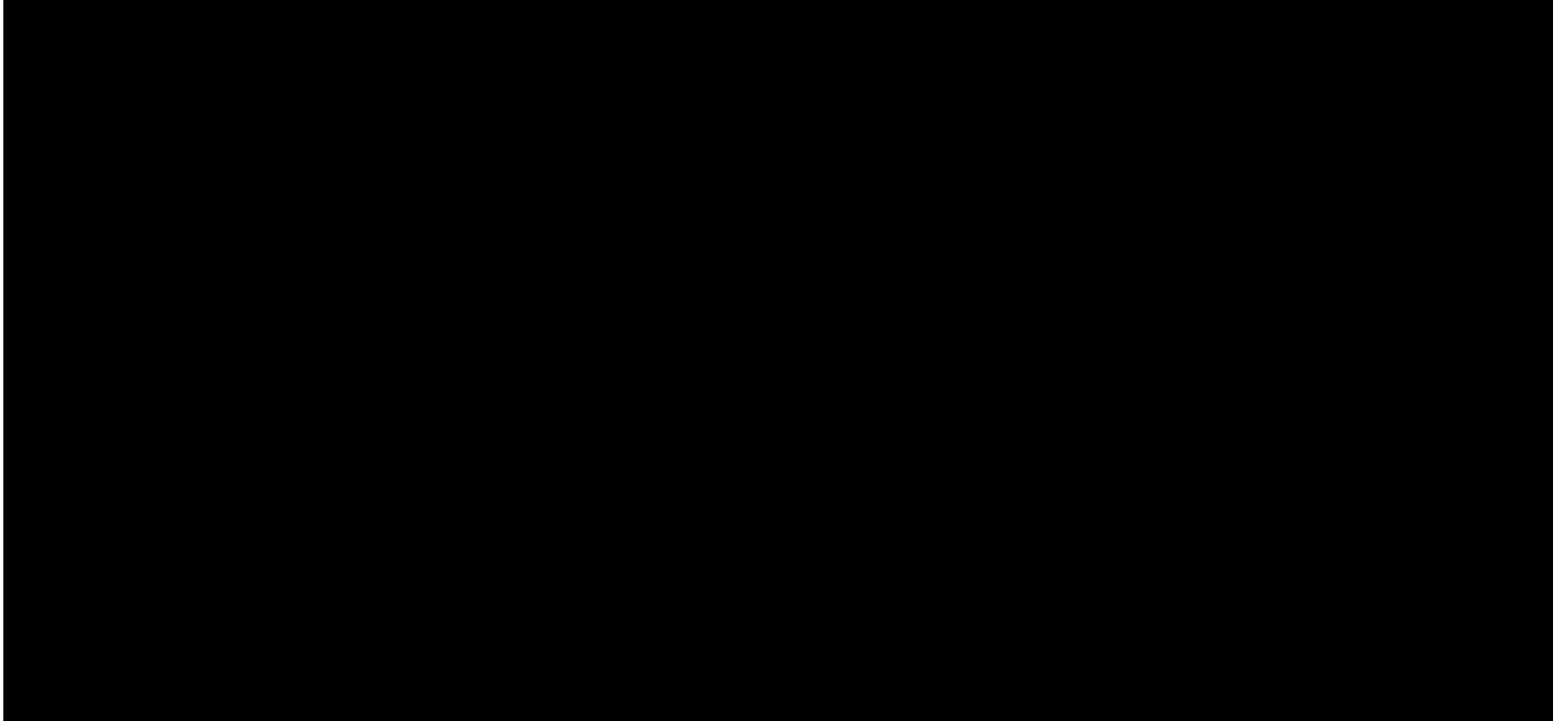


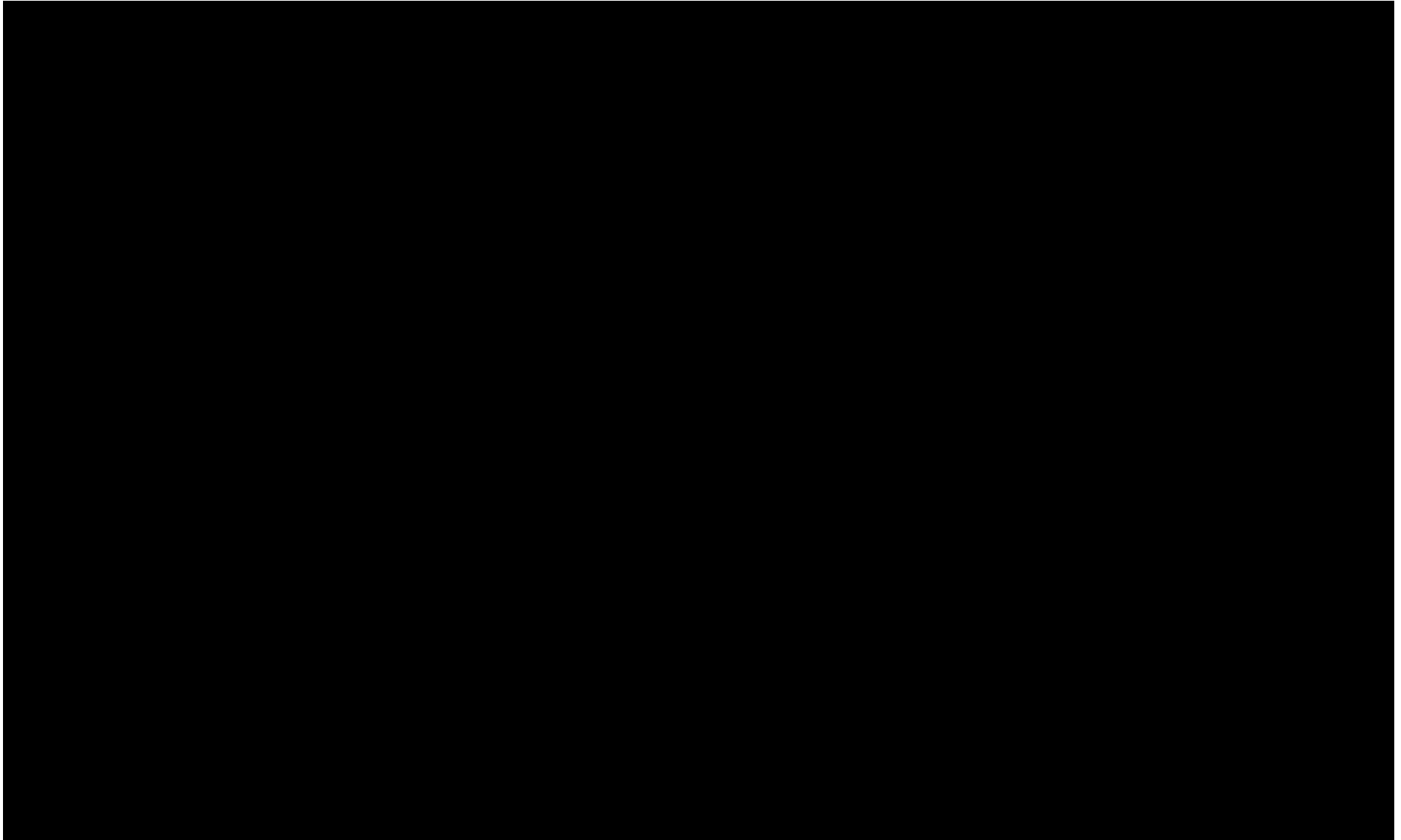


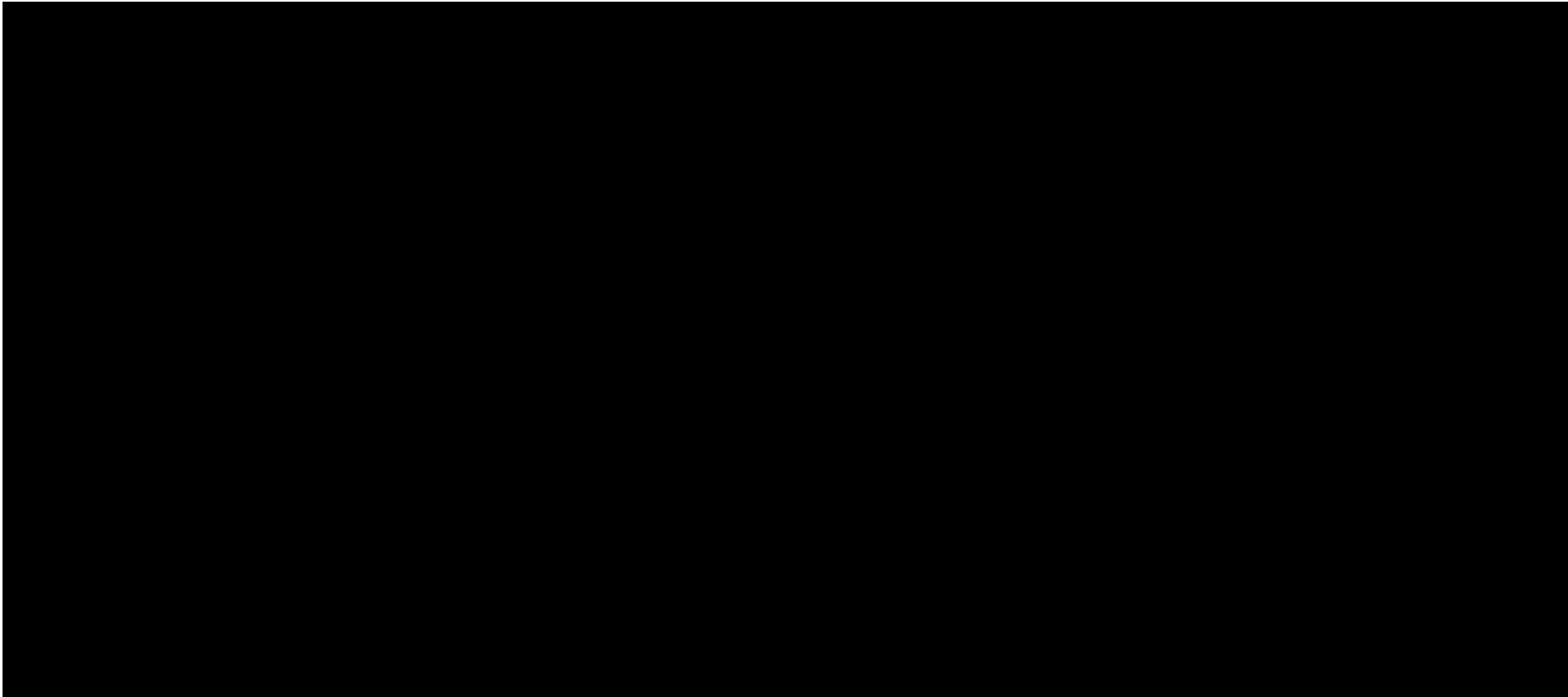












## 8 Scénarios d'exploitation améliorés

---

### 8.1 Description des scénarios

Lors des simulations hivernales, la plage d'ouverture ciblée de la piste était de 6h à 20h, du lundi au vendredi. Advenant que PJCCI souhaite fournir une offre de service plus élevée aux usagers, trois scénarios d'exploitation améliorés, avec plages d'ouverture élargies, ont été analysés. Les trois scénarios d'exploitation améliorés suivants ont été étudiés :

- 5 jours / semaine (6h à 22h);
- 7 jours / semaine (6h à 22h); et,
- 7 jours / semaine (24h sur 24).

Pour mieux cerner l'augmentation potentielle d'achalandage que ces niveaux de service accrus permettraient, la section suivante présente le portrait global des tendances d'achalandage des cyclistes sur le pont Jacques-Cartier. La section 8.3 présente ensuite les bénéfices et les inconvénients associés à ces différents scénarios.

### 8.2 Tendances d'achalandage de la piste

#### 8.2.1 Profil journalier durant la semaine

Depuis la fin d'avril 2015, PJCCI a installé un compteur de piétons et de cyclistes sur la piste multifonctionnelle. Les données récoltées<sup>10</sup>, principalement l'été, permettent d'évaluer la répartition du trafic par jour, par semaine et par mois.

Le profil du trafic cycliste sur la piste multifonctionnelle est de type pendulaire (voir la Figure 45). Une majorité (50% à 70%) de cyclistes utilisent le pont aux heures de pointe du matin et du soir afin de se rendre sur leur lieu de travail. Le trafic est majoritairement unidirectionnel : entre 65% et 70% du trafic se fait en direction de Montréal le matin (entre 6h00 et 9h30) et en direction de Longueuil le soir (entre 16h00 et 18h30).

À la Figure 45, la ligne bleue représente le nombre de passages relatifs de cyclistes en direction Montréal (pic du matin). La ligne orange représente le nombre de passages relatifs de cyclistes en direction Longueuil (pic du soir).

---

<sup>10</sup> Source : <https://www.eco-visio.net>



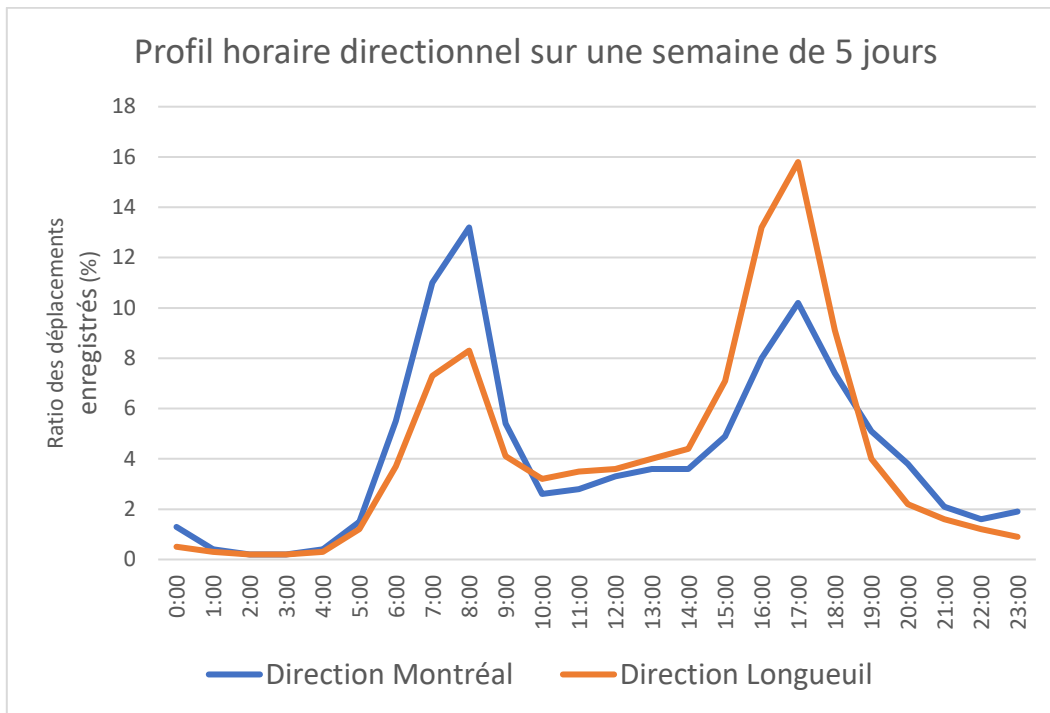


Figure 45 : Profil horaire directionnel sur une semaine de 5 jours (du 1<sup>er</sup> avril 2019 au 31 octobre 2019)

### 8.2.2 Profil journalier durant la fin de semaine

Malgré le caractère pendulaire du trafic en semaine, une certaine proportion de cyclistes (entre 20% et 25%) utilise la piste la fin de semaine, comme le montre la Figure 46. Ces déplacements majoritairement consacrés aux loisirs, à l'entraînement cycliste, à la promenade, au magasinage et à d'autres loisirs sont généralement répartis sur la journée entière, dans les deux directions, et se font majoritairement entre Montréal et l'île Sainte-Hélène.

Il est estimé que ce type de trafic sera réduit considérablement en hiver, considérant que le parc Jean-Drapeau, le parc d'attractions de La Ronde et le circuit Gilles Villeneuve (piste d'entraînement pour les cyclistes) sont fermés durant cette saison. De plus, le pont Jacques-Cartier n'est pas une piste multifonctionnelle de « proximité » qui accueille les trajets courts à vélo (épicerie, loisirs du soir, etc.). Ainsi, le trafic cycliste la fin de semaine devrait être extrêmement réduit et limité aux usagers qui travaillent pendant cette période ou qui l'empruntent lorsque la météo est particulièrement favorable. Toutefois, dès le mois de mars, en fonction de la température extérieure, il est possible que le trafic piéton / cycliste soit fort en fin de semaine, suggérant donc une réouverture totale (estivale) dès l'arrivée des beaux jours.

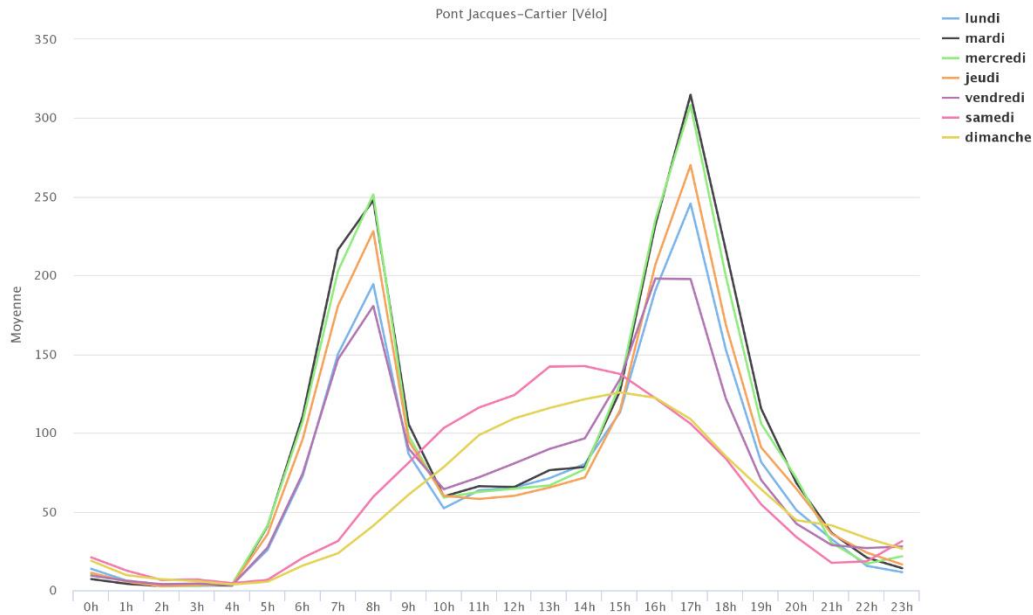


Figure 46 : Profil horaire sur les 7 jours de la semaine - nombre de passages cumulés dans les 2 directions, par heure - moyenne sur la période analysée (du 1<sup>er</sup> avril 2016 au 31 octobre 2016)

### 8.2.3 Profil journalier durant les simulations hivernales

Lors des simulations de l'hiver 2019-2020, les heures d'ouverture de la piste multifonctionnelle s'étendaient de 6h00 à 20h00, du lundi au vendredi. Le profil journalier de l'achalandage des cyclistes témoins est présenté à la Figure 22. Les points suivants ressortent de l'analyse de cette figure :

- 48% des déplacements se sont effectués entre 6h00 et 9h00 tandis que 39% des déplacements se sont effectués entre 15h00 et 19h00. Dès lors, un total de 87% des déplacements se sont déroulés aux heures de pointe, ce qui réaffirme le caractère utilitaire et pendulaire de la piste avancé à la section 8.2.1;
- Contrairement au profil journalier présenté à la Figure 45, on peut noter que seulement 10% des déplacements se sont effectués entre 9h00 et 15h00, ce qui semble indiquer que très peu de cyclistes empruntaient le pont dans un but récréatif; et,
- Seulement 2% des déplacements se sont effectués après 19h00, ce qui semble indiquer que peu de cyclistes empruntent le pont en soirée.

## 8.3 Analyse des scénarios

Les sections suivantes présentent les avantages et inconvénients des trois scénarios d'exploitation améliorés suivant :

- 5 jours / semaine (6h à 22h);
- 7 jours / semaine (6h à 22h); et,
- 7 jours / semaine (24h sur 24).

Les plages d'ouverture de ces scénarios représentent des niveaux de service cible et tout élargissement de ces plages d'ouverture due à des conditions météorologiques clémentes n'est pas considéré dans ces analyses. En soit, PJCCI a la possibilité de permettre une ouverture prolongée de la piste si les conditions météorologiques le permettent. Une telle décision n'impacterait pas le degré d'effort par l'équipe d'opération et d'entretien mais impacterait toutefois l'effort pour la gestion des communications car les horaires d'ouverture de la piste deviendraient dès lors variables. Ceci pourrait donc rendre la gestion des attentes des usagers plus difficile.

### 8.3.1 5 jours semaine (6h à 22h)

À supposer que PJCCI choisit l'option d'ouvrir la piste du lundi au vendredi de 6h à 22h, ce scénario d'exploitation se rapprocherait considérablement de la plage d'ouverture adoptée lors des simulations hivernales (2019-2020). La plage d'ouverture serait prolongée de deux heures supplémentaires en soirée, option qui ne bénéficierait qu'à un faible bas pourcentage de cyclistes. À ce titre, ce point a été abordé à la section 8.2. Néanmoins, cette option pourrait offrir la possibilité à certains travailleurs de nuit d'emprunter le pont pour se rendre au travail.

Les opérations de déneigement se sont déroulées sur une durée moyenne de 2h15 et sur une durée maximale de 5 heures lors des simulations hivernales. Dès lors, la plage de fermeture entre 22h et 6h fournirait suffisamment de temps pour effectuer les opérations de déneigement pour la grande majorité des événements. À ce titre, le fait d'élargir la plage horaire jusqu'à 22h ne représenterait pas un enjeu opérationnel.

Comparativement à la plage d'ouverture adoptée lors des simulations hivernales (2019-2020), ce scénario d'exploitation n'implique pas un effort supplémentaire considérable de la part de l'équipe d'opération et d'entretien. Il peut donc être conclu que les coûts opérationnels d'exploitation serait très similaire à ceux présenté à la section 6.

Toutefois, l'une des conséquences de l'élargissement de la plage horaire jusqu'à 22h serait une augmentation de la période d'ouverture en soirée. La période nocturne pose généralement plus de risques pour les cyclistes, considérant les conditions de roulement plus difficiles associées à la formation de glace causée par le refroidissement et à la visibilité réduite due à la noirceur.

### 8.3.2 7 jours semaine (6h à 22h)

Le deuxième scénario envisagé serait l'ouverture de la piste 7 jours par semaine, de 6h à 22h. Ceci permettrait de bonifier la plage d'ouverture de la piste en la rendant accessible en tout temps sauf la nuit.

Comme il est abordé à la section 8.2, l'achalandage de fin de semaine sur le pont Jacques-Cartier consiste en des déplacements majoritairement consacrés aux loisirs, à l'entraînement cycliste, à la promenade, au magasinage et à d'autres loisirs. Il est attendu que ces types de déplacements seront considérablement réduits en période hivernale. Néanmoins, ce scénario permettrait aux cyclistes aguerris et aux travailleurs de fin de semaine d'emprunter un mode de transport actif pour se rendre de part et d'autre du pont. Il peut également représenter une opportunité pour tous les cyclistes quand les conditions météorologiques sont particulièrement favorables durant la fin de semaine.

Outre les enjeux associés à la circulation nocturne identifiés à la sous-section précédente, l'ouverture de la piste en fin de semaine signifie que des effectifs supplémentaires de l'équipe d'opération et entretien seront nécessaires pour assurer un suivi régulier du statut de la piste et de la météo et en l'occurrence pour fermer la piste si les circonstances le requièrent. La mise en œuvre de ce scénario impliquerait des coûts d'opération supplémentaires de l'ordre de 19% comparativement au scénario 5 jours semaine (6h à 22h).

À titre indicatif, lors des simulations hivernales, le quart des opérations de déneigement se sont déroulées durant les fins de semaine. Toutefois, si la piste multifonctionnelle devient accessible au public les samedis et dimanches, cela suppose que l'équipe d'opération et entretien n'aura plus l'opportunité d'effectuer une remise à niveau en journée lors de cette fenêtre hebdomadaire. En effet, l'apport du soleil et du réchauffement diurne contribuent de façon non négligeable à l'atteinte des niveaux de service visés. De plus, ces opérations de fin de semaine permettent moins de désagrément aux cyclistes dû au potentiel d'achalandage moins élevé. Dès lors, une ouverture de fin de semaine impliquerait un risque de baisse de qualité de la surface de roulement et possiblement davantage de fermetures en semaine, soit durant la période la plus achalandée. Néanmoins, il est à noter que cette problématique pourrait être compensée en privilégiant les opérations de déneigement durant la nuit, bien que moins idéale.

### 8.3.3 7 jours semaine (24h sur 24)

Ce scénario propose une offre de service maximale, à savoir une ouverture complète de la piste multifonctionnelle en tout temps, à l'exception des occasions où la fermeture de la piste est essentielle pour effectuer les opérations de déneigement.

Comparativement au scénario d'exploitation amélioré, décrit à la sous-section précédente, une ouverture 24h sur 24h ne bénéficierait qu'à peu d'utilisateurs supplémentaires. Tel qu'il est démontré à la Figure 45, le nombre de cyclistes qui

empruntent la piste entre 22h et 6h ne représente qu'environ 2% de l'ensemble des usagers. En outre, il est attendu que ce pourcentage soit considérablement réduit en saison hivernale en raison de la chute importante des températures la nuit et de la fréquence réduite du cyclisme récréatif durant cette saison.

Dans le même ordre d'idées, les risques d'accident pour les usagers augmentent en soirée en hiver, considérant que le refroidissement nocturne engendre un risque de formation de glace et que la visibilité est réduite.

Il est important de noter que chaque fermeture de la piste pour effectuer les opérations de déneigement représentera un arrêt de service auprès des usagers et augmentera conséquemment l'imprévisibilité de son accès. À ce titre, il est possible que les usagers perçoivent chaque fermeture de piste comme une nuisance et un désagrément.

De surcroît, l'ouverture de la piste en continu suppose que des effectifs supplémentaires de l'équipe d'opération et d'entretien seront nécessaires 24 heures sur 24 pour assurer un suivi régulier du statut de la piste et de la météo et en l'occurrence pour fermer la piste si les circonstances le requièrent. Elle suppose également une logistique d'opération et de communication interne et externe plus complexes puisque chaque opération de déneigement risque d'engendrer une fermeture de la piste, laquelle devra être invariablement signalée aux usagers. La mise en œuvre de ce scénario signifie dès lors des coûts d'opération supplémentaires d'environ 43% comparativement au scénario 5 jours semaine (6h à 22h).

Enfin, similairement au scénario prévoyant une ouverture de fin de semaine de 6h à 22h, une ouverture de fin de semaine signifie que l'équipe d'opération et d'entretien n'aura plus l'opportunité d'effectuer une remise à niveau de la qualité de surface durant la journée lors de la fin de semaine.

On peut donc s'interroger sur le fait suivant : les bénéfices associés à ce scénario d'exploitation amélioré sont-ils justifiés considérant le peu d'achalandage additionnel, les risques à la sécurité des cyclistes et l'investissement nécessaire pour assurer l'exploitation de la piste multifonctionnelle?

## 8.4 Sommaire

Le tableau Tableau 18 ci-dessous présente un sommaire des avantages et des inconvénients pour les différents scénarios d'exploitation améliorés. Ce sommaire consiste en une évaluation qualitative dont la référence est la plage d'ouverture exploitée lors des simulations hivernales 2019-2020, à savoir du lundi au vendredi, de 6h à 20h.

Tableau 18 : Évaluation qualitative des divers scénarios d'exploitation améliorée

	5 jours semaine 6h à 22h	7 jours semaine 6h à 22h	7 jours semaine 24h sur 24
<b>Augmentation de l'achalandage</b>			
<b>Enjeu de sécurité pour les usagers</b>			
<b>Effectifs supplémentaires</b>			
<b>Fourchette des coûts d'opération (Différence avec scénario d'exploitation 2019 – 2020)</b>			
<b>Complexité de la logistique opérationnelle et de la communication à l'interne</b>			
<b>Plage horaire disponible pour effectuer l'entretien de la piste hors des heures d'ouverture</b>			
<b>Complexité de la communication avec les usagers</b>			
<b>Niveau d'effort supplémentaire pour atteindre cette offre de service</b>			
<b>Qualité de déneigement (maintenir même qualité)</b>			

**Légende**

- ≈            Aucun bénéfice ou inconvénient appréciable par rapport à la référence
- +            Léger bénéfice par rapport à la référence
- ++          Bénéfice significatif par rapport à la référence
- Léger désavantage ou inconvénient par rapport à la référence
- Désavantage ou inconvénient significatif par rapport à la référence

## 9 Conclusion

---

Ainsi, dans le cadre du présent mandat, Arup a élaboré les protocoles d'entretien, de surveillance et de communication et accompagné PJCCI au cours de la simulation d'exploitation de l'hiver 2019-2020. Les résultats des simulations ont permis de réaliser une analyse des enjeux et des risques liés à l'ouverture de la piste au public ainsi qu'un plan de mitigation.

Lors de la simulation hivernale, la plage d'ouverture de la piste multifonctionnelle a été atteinte jusqu'à 93% des heures d'ouverture cible. Le protocole d'opération établi ainsi que les méthodes de déneigement adopter furent un succès et ont permis d'établir un lien sécuritaire cyclable sur le pont Jacques-Cartier. Un total de 40 opérations de déneigement a été effectué lors de l'hiver avec une durée moyenne inférieure à 3 heures.

Les cyclistes témoins ayant participé au projet de simulations hivernales ont fourni un retour quotidien suite à chaque passage afin d'attribuer une note à la qualité de surface, fournir des observations et soulever tout autre commentaire jugé pertinent. Ce retour a permis de sensibiliser l'équipe quant à leurs constatations ainsi que leurs préoccupations et à cibler les endroits pouvant comporter des risques et enjeux. À cet effet, plusieurs actions ont été mises en place afin de bonifier la qualité des opérations et rectifier les problématiques évoquées.

Dans un second temps, Arup a procédé à une mise à jour des analyses réalisées en 2017-2018. Celles-ci incorporent notamment la durabilité de la structure, l'impact environnemental et l'estimation des coûts afin d'encadrer les opérations. Au terme de ces études et de la simulation d'ouverture et advenant une décision favorable d'ouverture de la piste multifonctionnelle en hiver, les actions suivantes sont recommandées :

- L'ouverture peut être faite dans des conditions comparables à celles de la simulation de 2019-2020, en continuant l'adoption d'une approche graduelle et conservatrice qui permettra certains ajustements logistiques et assurera la sécurité des usagers;
- Un suivi continu des prévisions météorologiques est indispensable. Des ajustements opérationnels et des communications pourraient être nécessaires sur place en fonction, notamment, des conditions météorologiques réelles et du comportement des usagers;
- Pour améliorer la sécurité des usagers, il est aussi suggéré d'installer de nouvelles signalisations, des radars pédagogiques, et toute autre forme de sensibilisation. De plus, l'intégration de ces systèmes vers une plateforme unique est souhaitable pour maximiser leur potentiel;
- Une coordination régulière entre les intervenants est requise, à l'interne (par exemple avec l'entrepreneur, et entre les différents départements de PJCCI) comme à l'externe (par exemple avec les villes de Montréal et de Longueuil);

- Une amélioration du drainage sur certaines sections est préconisée, notamment au niveau de la section 1 coté Longueuil et de l'extrémité nord de la piste multifonctionnelle;
- L'élaboration d'un protocole de communication efficace pour assurer une communication adéquate avec les usagers quant à l'état de la piste multifonctionnelle et du trottoir;
- Un entretien régulier des engins de déneigement et tout système essentiel au fonctionnement de la piste multifonctionnelle (redondance) serait recommandé;
- Un suivi de la durabilité de la dalle de béton est requis. En cas d'épandage de produits déglaçants sur la piste, un contrôle des quantités d'épandage est indispensable, d'une part pour empêcher une corrosion prématurée, d'autre part pour réduire les impacts environnementaux et prévenir une perte d'adhérence causée par une accumulation excessive des produits;
- Grâce aux données disponibles, il est recommandé de faire un suivi de l'achalandage sur le pont afin de bien comprendre les habitudes des usagers et mieux répondre à leurs besoins. Si nécessaire, une extension des heures d'ouvertures pourrait être envisagée à moyen terme; et,
- Enfin, dans la continuité de la gestion stratégique des actifs de PJCCI, une planification à moyen et long terme du devenir de la piste multifonctionnelle et du trottoir s'avère indispensable. Une telle planification comprend notamment une évaluation des besoins en mobilité active sur les prochaines décennies ainsi qu'une prévision de la durabilité des éléments structuraux de la piste et du trottoir. Une réflexion sur différentes options d'amélioration, notamment au niveau des garde-corps et de la configuration de la piste, permettra non seulement une gestion durable des ressources et des besoins des usagers pour l'avenir, mais aussi la mise en valeur d'un pont iconique dont tous les Montréalais sont fiers.



## Annexes

---

## Annexe B – Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

---

Subject **Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle**

Date May 4, 2020

Numéro du  
projet / de  
référence

JCAP0015 / 62659

## 1 Analyse de la signalisation existante

Considérant les particularités de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier, la signalisation actuelle concernant l'avertissement au danger est jugée insuffisante et ce, indépendamment si les chicanes sont maintenues en place ou non. La présente analyse porte sur l'information obtenue de la part de PJCCI (anciens rapports) et sur la signalisation actuelle selon une visite des lieux effectuée le mercredi 5 février 2020 par l'équipe d'Arup.

La signalisation présentement en place relative à la piste multifonctionnelle ainsi qu'à certains panneaux jugés pertinents pour la présente analyse est présentée sous forme de photos prises lors de la visite des lieux. En fin de référence dans le texte, les panneaux sont également numérotés de N-1, N-2, etc. en direction nord à partir de Longueuil vers Montréal et S-1, S-2, etc. en direction sud à partir de Montréal vers Longueuil.

La section qui suit traite des observations et déficiences observées lors de la visite terrain.

En ce qui concerne la signalisation de prescription :

- > La limite de 20 km/h de la vitesse sur la piste (s'adressant par défaut aux cyclistes) n'est indiquée qu'à quatre (4) endroits, soit :
  - Un panneau installé au début de la jonction de la piste avec la structure du pont du côté de Montréal en direction de la Rive-Sud (S-1) ;
  - Un panneau au nord de la jonction du côté de Longueuil en direction de Montréal (N-2) ;
  - Deux autres panneaux situés en aval de chaque direction de part et d'autre de l'intersection avec la rampe d'accès à l'Île Sainte-Hélène (S-24 et N-14).
- > La norme prescrite pour les véhicules<sup>1</sup> (s'appliquant dans ce cas précis puisqu'il n'y a pas de section spécifique pour les cyclistes) prescrit que des panneaux répétant la limite de vitesse doivent être installés en aval de toutes intersections ou bretelles d'entrée (selon le dessin normalisé 002A) ainsi qu'à chaque changement de zone de vitesse édictée en vertu de la loi ou d'un règlement ainsi qu'à des intervalles d'au plus 15 km ».
- > Bien que la norme traitant des voies cyclables n'indique pas de distance minimale entre deux panneaux de limite de vitesse sur un lien cyclable, il peut être interprété logiquement que le maximum de 15 km entre deux panneaux de limite de vitesse sur un tronçon ne comportant pas d'intersections, entrées ou sorties qui est indiqué dans la norme routière s'applique aux autoroutes dont la vitesse limite maximale est de 100 km/h. Ainsi, dans le cas d'une piste multifonctionnelle à 20 km/h dont les conditions géométriques varient significativement tant en plan qu'en profil le long du parcours effectué sur le pont,

<sup>1</sup> Par défaut la norme traitant de la Signalisation routière (Tome V de la norme Ouvrages routiers du MTQ) est appliquée lorsqu'un cas particulier n'est pas traité dans la section traitant de la signalisation sur les voies cyclables (Chapitre 7 du Tome V).

Subject Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

Date May 4, 2020

Job No/Ref JCAP0015 / 62659

il est raisonnable de considérer qu'une distance maximale réduite et adaptée aux conditions locales entre 2 panneaux de limite de vitesse s'adressant aux usagers de la piste doit être appliquée. Pour des raisons de sécurité, la signalisation actuellement présente sur le site est déficiente.

- > Les panneaux de limitation de vitesse véhiculaire du pont de 50 km/h pour la direction de la Rive-Sud actuellement en place entrent directement en conflit avec celle de la piste étant donné son positionnement en chevauchement du côté de la piste. On retrouve cette situation à cinq (5) reprises. Bien que la plus grande dimension des panneaux et leur placement du côté gauche de la piste (en direction de la Rive-Sud) doivent en principe indiquer que cette signalisation s'applique aux véhicules, le fait qu'aucun panneau pour la limitation de vitesse de la piste multifonctionnelle ne soit présent du côté droit de la piste peut porter à confusion sur l'interprétation du panneau s'adressant aux automobilistes. Cependant, les panneaux de 50 km/h en direction de la Rive-Sud sont présents à cinq (5) reprises (S-8, S-16, S-26, S-29 et S-34) entre Montréal et Longueuil (dont 3 au sud de l'Île Sainte-Hélène) et ne sont jamais accompagnés d'un panneau de 20 km/h pour la piste. La figure ci-dessous présente les endroits où cette problématique est rencontrée.



S-8

S-16

Subject Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

Date May 4, 2020

Job No/Ref

JCAP0015 / 62659



S-26

S-29



S-34

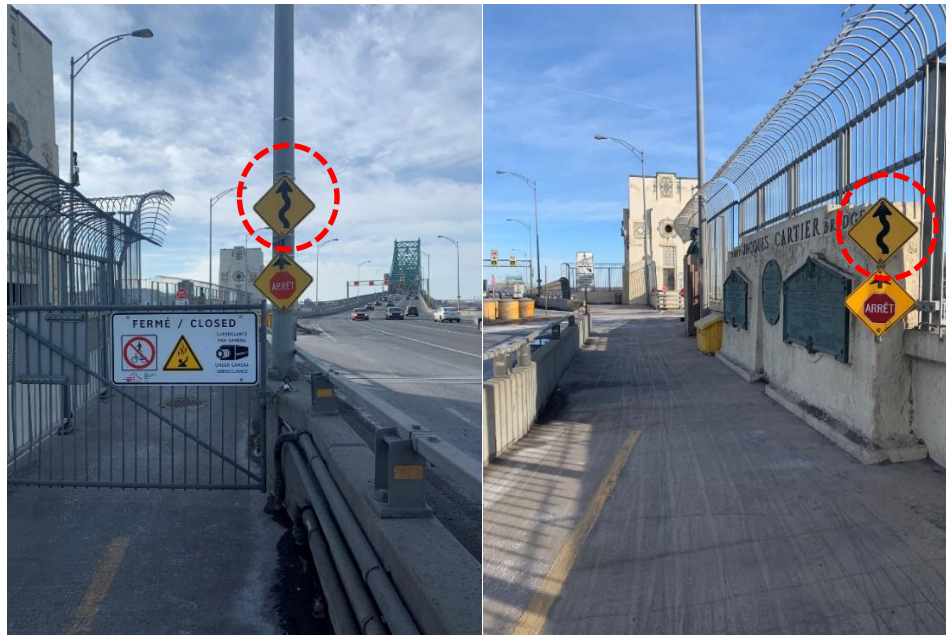
Figure 1 panneaux de vitesse véhiculaire maximale (Source : Arup, 2020-02-05)

Subject Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

Date May 4, 2020

Job No/Ref JCAP0015 / 62659

- > Les panneaux de signalisation de danger avertissant en avance les chicanes (barrières plastiques amovibles) installées aux approches de l'intersection de la bretelle d'accès à l'île Sainte-Hélène (N-12 et S-20) ne sont pas conformes aux conditions actuelles hivernales. De plus, le panneau utilisé (D-110-5-G) indiquant 3 courbes n'est pas représentatif des conditions de l'aménagement des chicanes utilisé en période estivale. Ce panneau n'est également pas en continuité avec la signalisation utilisée en amont des autres chicanes sur le pont (voir exemple du marquage et panneau S-15).



N-12

S-20



S-15

Figure 2 panneaux de signalisation avancé de danger de chicane (Source : Arup, 2020-01-05)

Subject Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

Date May 4, 2020

Job No/Ref JCAP0015 / 62659

- > Il n'y a aucun panneau de danger et avertissant en avance de la présence des chicanes (panneau D-30 - Cédez le passage à la circulation venant en sens inverse). Seul le marquage au sol est indiqué en amont des chicanes. Ce marquage devient très peu visible lorsque la chaussée devient sale ou enneigée (N-10, N-30, S-15, S-35 et S-39). Il est normalement d'usage d'accompagner tout marquage de danger et prescription par un panneau contenant le même message.



N-10

N-30



S-15

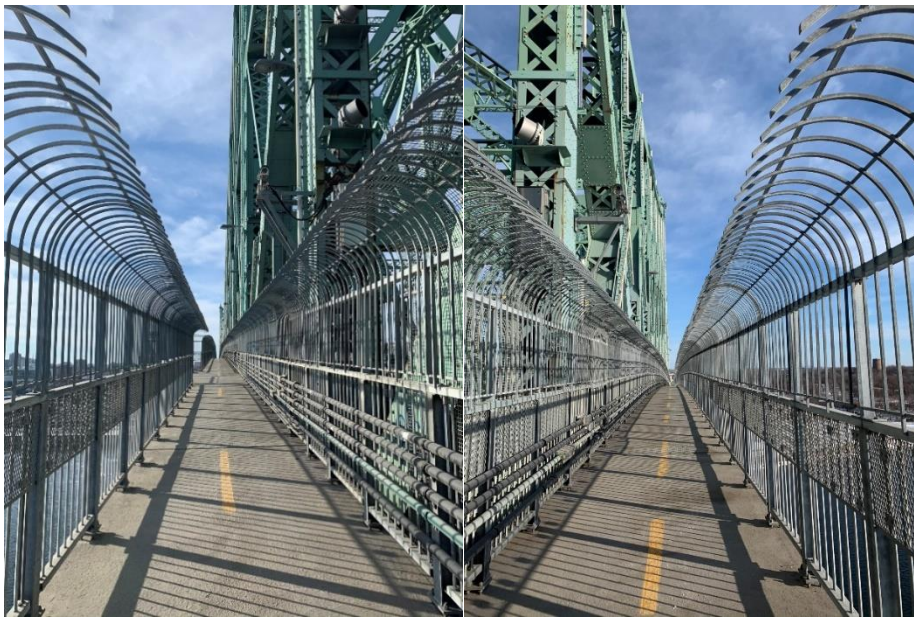
S-35



Figure 3 : marquage de signalisation avancé de danger de cédez le passage à la chicane (Source : Arup, 2020-01-05)

S-39

- > Absence du panneau de danger de pente raide (D-230-7 modifié) – « Ralentissez / Slow Down » au point haut de la piste à la section 7 (voir photos N-18 et S-12). Ce panneau est présentement utilisé seulement au niveau du point haut de la piste à la section 3 (voir photos N-7 et S-30).



N-18

S-12

Figure 4 : absence de panneaux de danger de pente raide au point haut de la piste à la superstructure du côté de Montréal (Source : Arup, 2020-01-05)





N-7

S-30

Figure 5 panneaux de danger de pente raide au point haut de la piste à la superstructure du côté de Longueuil  
(Source : Arup, 2020-01-05)

- > Message contradictoire sur la priorité des véhicules et des piétons à l'approche de l'intersection de la rampe d'accès à l'Île Sainte-Hélène. Les panneaux indiquant la « Priorité aux véhicules / Vehicules have priority » installés en-dessous des panneaux d'arrêt entrent en conflit avec le marquage au sol de la traverse qui est de couleur jaune et qui selon la réglementation, oblige les véhicules à s'arrêter lorsque des piétons ou des cyclistes sont engagés dans la traverse (voir photos N-13 et S-21 plus bas).



N-13

S-21

Figure 6 panneaux « Priorité aux véhicules / Vehicules have priority » aux approches de l'intersection de la rampe d'accès à l'Île Sainte-Hélène (Source : Arup, 2020-01-05)

## 2 Piste de solutions et mesures potentielles

Certaines des mesures recommandées dans la présente section pourraient être envisagées peu importe si les chicanes sont conservées en tout ou en partie afin de renforcer le message vis-à-vis les usagers de la piste en matière de la vitesse limitée et de la présence des chicanes. Il est à noter que les localisations proposées dans les sections suivantes sont approximatives et dans la plupart des cas basées sur des fûts d'éclairage ou de signalisations existants. La localisation exacte par chaînage est disponible aux plans détaillés au contrat No 62679.

Les mesures recommandées sont les suivantes :

- > En direction sud, installer des panneaux de limitation de vitesse de « Maximum 20 » km/h (P-70-2, 450x600) légèrement en aval des panneaux de 50 km/h s'adressant aux véhicules qui sont actuellement en place en direction de la Rive-Sud. Il est à noter que les conditions particulières de la piste dans cette direction ne permettent pas l'installation de panneaux du côté extérieur de la piste en raison de la présence des barrières anti-sauts recourbé dans le haut ne permettant pas d'assurer le dégagement vertical minimum de 2,5 m ou bien la hauteur maximale de 3 m entre le bas des panneaux et la surface de la piste, tel que prescrit dans la norme du MTQ. Il est donc recommandé d'installer les panneaux soit en aérien au centre et au-dessus de la piste lorsque des barrières anti-sauts sont présentes des deux côtés de la piste. Lorsque le panneau doit être installé du côté route de la piste, il est recommandé d'ajouter un

panonceau avec le pictogramme de vélo (P-1-P) en-dessous du panneau de limite de vitesse. De plus, les panneaux situés du côté route de la piste devraient être installés avec un angle de 25 degrés vers l'intérieur de la piste. Ces deux mesures additionnelles assurent que le message s'adresse bien aux usagers de la piste et non à ceux de la route. Afin de limiter une surabondance de panneaux et de les limiter aux endroits jugés problématiques en termes de vitesses pratiquées, il est recommandé d'installer un panneau additionnel de limite de 20 km/h lorsqu'en pente descendante à l'approche de la rampe de sortie vers l'Île Sainte-Hélène, soient à l'endroit suivant :

- Environ 20 m en aval du fut d'éclairage no. 68 sur le fut de la structure de signalisation (voir montage sur la photo S-17 plus bas).



S-17

Figure 7 localisations suggérées pour l'installation de panneaux de prescription de limite de vitesse 20 km/h (Source : Arup, 2020-01-05)

- > Répéter les panneaux de limitation de vitesse « Maximum 20 » km/h (P-70-2, 450x600) accompagnés d'un panonceau « Bicyclette » (P-1-P, 450x300) en dessous à environ le tiers (1/3) de la distance entre le point haut des structures et les chicanes lorsqu'en pente descendante. Il est à noter que la norme ne prescrit pas de distance maximale entre deux panneaux de limitation de vitesse pour les pistes multifonctionnelles alors qu'elle est de 15 km pour les liens routiers à vitesse maximale. En considérant la vitesse limite sur la piste de 20 km/h ainsi que les conditions géométriques particulières il est recommandé d'installer des panneaux de rappel sur la vitesse limite lorsqu'en pente descendante aux endroits suivants :

Subject Annexe B - Note sur la signalisation de la piste multifonctionnelle

Date May 4, 2020

Job No/Ref JCAP0015 / 62659

- En direction nord à environ un tiers (1/3) entre le début de la pente descendante de la section 4 et la chicane. Installer le panneau sur un nouveau fut ancré dans la glissière en béton à environ 50 m en aval du fut d'éclairage no. 34;
  - En direction nord à environ un tiers (1/3) entre le début de la pente descendante à la section 8 et la chicane. Installer le panneau au-dessus de la piste entre les deux barrières anti-sauts à environ 10 m en amont du fut d'éclairage no. 100;
  - En direction sud à environ un tiers (1/3) entre le début de la pente descendante à la section 6 et la chicane. Installer le panneau sur un nouveau fut ancré dans la glissière en béton à environ 20 m en aval du fut d'éclairage no. 68;
  - En direction sud à environ un tiers (1/3) entre le début de la pente descendante à la section 2 et la chicane. Installer le panneau au-dessus de la piste entre la glissière en béton et la barrière anti-saut à environ 20 m en aval du fut d'éclairage no. 28.
- > Remplacer les deux (2) panneaux de signalisation de danger avertissant en avance la chicane (3 courbes – D-110-5-G) présentement installées aux approches de l'intersection de la bretelle d'accès à l'île Sainte-Hélène (voir photos N-12 et S-20 plus haut) par un panneau similaire à ceux actuellement installés aux chicanes en pente descendante (Cédez le passage aux cyclistes engagés dans la chicane - D-30, 450x450). À noter que si ces chicanes sont enlevées en période hivernale, les panneaux de danger devraient également être retirés.
- > Installer des panneaux de signalisation de prescription de « Cédez le passage aux cyclistes » circulant en sens inverse (P-30, 450x600 ou de dimension inférieure si requis par l'espace disponible sur les chicanes (première barrière) de l'intersection de la bretelle d'accès à l'île Sainte-Hélène (voir localisations sur les photos N-13 et S-21 plus bas). À noter que les chicanes amovibles en plastique n'étaient pas en place lors de la visite des lieux et n'apparaissent donc pas sur les photos – voir localisations proposées sur la photo ci-dessous. Voir exemple du panneau recommandé sur la photo N-31 plus haut.



N-13



S-21



Chicanes installées en été (source : Google Streetview, Juin 2019)

Figure 8 localisations suggérées pour l'installation de panneaux de prescription de Cédez le passage aux cyclistes (Source : Arup, 2020-01-05)

- > Installer des panneaux de signalisation de danger de « Cédez le passage aux cyclistes » engagés dans la chicane (D-30, 450x600) ainsi qu'un panneau indiquant la distance avant d'atteindre la chicane (D-245-P-1, 450x425) en amont de toutes les chicanes en pente descendante (voir photos N-10, N-30, S-15, S-35 et S-39 plus haut) situées à droite du marquage de danger du même type.

En plus, certaines améliorations et/ou mesures pourraient être envisagées afin d'améliorer la signalisation et la communication des messages autour de l'intersection du P.I.S.H. :

- > Installer des panneaux de signalisation de danger « Signal avancé d'arrêt » (D-10-1, 600x600) avertissant de la présence d'un arrêt à environ 50 m en amont des lignes d'arrêt des approches des deux rampes d'accès provenant de l'Île Sainte-Hélène, soit sur le fut d'éclairage no. A1 du côté ouest du pont et sur le fut d'éclairage no. T-4 du côté est du pont.
- > Retirer les panneaux indiquant la « Priorité aux véhicules / Vehicules have priority » installés en-dessous des panneaux d'arrêt aux approches de l'intersection de la rampe d'accès à l'Île Sainte-Hélène. Voir les photos N-13 et S-21 plus haut.
- > Installer des panneaux de signalisation de danger de signal avancé de passage pour piétons et cyclistes dans un îlot déviateur (D-270-30, 600x600) pour la circulation véhiculaire en directions nord et sud aux approches des intersections des rampes d'accès à l'Île Sainte-Hélène. Les panneaux devraient être installés à environ 50 m en amont des traverses piétonnes soit sur le fut d'éclairage no. 62 (voir photo S-19) en direction sud et sur le fut d'éclairage no. 51 en direction nord.



S-19

Figure 9 localisations suggérées pour l'installation de panneaux de danger de signal avancé de passage pour piétons et cyclistes dans un îlot déviateur pour la circulation en direction sud (Source : Arup, 2020-01-05)